

3

1977

ПРИРОДА



ПРИРОДА

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР



Основан в 1912 году

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик

Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЯТОВИЧ

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН

Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

И. Б. ШИШКИН

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки. Фрагмент космического снимка южного Тянь-Шаня, сделанного с борта космического корабля «Союз-22». См. статью «Союз-22»: новый вклад в космическое земледелие».

На четвертой странице обложки. Скифские войны. См. статью Д. Б. Шелова «Исчезнувшие народы». Скифы.

Редакция рукописей не возвращает

© Издательство «Наука»,
«Природа», 1977 г.

В НОМЕРЕ

В. А. Легасов Водородная энергетика	3
Л. А. Ведешин, В. В. Иванов, Е. Д. Сулиди-Кондратьев «Союз-22»: новый вклад в космическое землеведение	18
Д. Б. Шелов «Исчезнувшие народы». Скифы	24
А. Т. Базилевский Шаги сравнительной планетологии	38
А. Н. Ораевский 9-я Международная конференция по квантовой электронике	50
Р. К. Баландин, В. И. Соболев Гидровулканы Мынбулака	54
Г. К. Цверава И. К. Поггендорф — создатель анналов и словарей	64
С. Е. Бреслер Электрические и магнитные свойства биологических мембран	68
А. А. Рузмайкин Магнитное поле Солнца и солнечный цикл	76
К. В. Бычков Волокнистая структура остатков Сверхновых	86
А. Е. Левин Миф. Технология. Наука	88
Щ. А. Пенионжек «Козы съели империю»	102
К. А. Куликов Основа масштаба Вселенной	106
Э. И. Лосева Удивительные создания природы — диатомеи	112
В. И. Животченко Тигр-людоед в Приморском крае	123
Л. В. Жирнов, В. А. Орлов Селевиния	125

КРАСНАЯ КНИГА

НОВОСТИ НАУКИ

Сверхновая Курочкина (128) — Звездное скопление в созвездии Сетка (129) — Радиолокационные исследования поверхности Венеры (129) — Колебания солнечной атмосферы (130) — Комета Уэста (130) — Галилеевы спутники Юпитера (131) — Измерения концентрации водорода в атмосфере

Марса (131) — О происхождении Луны (132) — Названия деталей рельефа Меркурия (132) — Последние достижения астрохимии (132) — Магнитный холодильник (133) — Управление процессами абсорбции и десорбции водорода (133) — Осцилляция фототока в танталате калия (134) — Лазер очищает воду (134) — Синтез ДНК и фосфолипиды (135) — Гены под электронным микроскопом (135) — Жизнь в газовой среде? (135) — Опреснение воды с помощью пурпурных бактерий (136) — Водоросли добывают уран из морской воды (136) — Химический синтез глюкогона (136) — Практическое использование липосом (137) — Связь пандемий гриппа человека и животных (137) — Успехи в создании антималярийной вакцины (138) — Пингвины ставят рекорды (138) — Интересный случай симбиоза (139) — Высокое кровяное давление у динозавров (139) — Международная геологическая экспедиция на судне «Дмитрий Менделеев» (139) — 46-й рейс «Гломара Челленджера» (142) — Глубинные исследования земной коры (142) — Землетрясение в Эстонии (143) — Аномалии в уровне океана (144) — Верхняя мантия — тепловая машина Земли (144) — Ураганы охлаждают океан (145) — Изучение загрязнения атмосферы с шаров-зондов (145) — Обнаружена еще одна стоянка индейцев (145).

РЕЦЕНЗИИ

Л. Б. Туманова Логика и диалог	146
А. А. Гурштейн Антология литературы о Луне	149
Н. А. Агаджанян Каким станет человек через тысячи лет?	151

НОВЫЕ КНИГИ

Ф. Л. Шапиро. Собрание трудов (153) — К. Кузов. Мир без форм (153) — Е. П. Левитан. Физика Вселенной (153) — Е. А. Гребеников, Ю. А. Рябов. Поиски и открытия планет (153) — Б. Бова. Новая астрономия (154) — Р. Лер, А. Марчанд. Орбитальная симметрия в вопросах и ответах (154) — В. Бетина. Путешествие в страну микробов (154) — Ж. Бейссон. Генетика (154) — Р. Ригер, А. Михаэлис, М. М. Грин. Словарь специальных терминов по генетике и цитогенетике (155) — Р. Перри. Мир моржа (155) — В. В. Петров. Чудеса наших субтропиков (155) — Л. Браун. Африка (155) — В. А. Парнес. Михаил Степанович Воронин (155) — В. А. Никифоровский, Л. С. Фрейман. Рождение новой математики (156) — А. И. Равикович. Чарлз Лайель (156) — Философские проблемы астрономии XX в. (156).	153
--	------------

В КОНЦЕ НОМЕРА

З. Е. Гельман Химики Кирхгоф, Деберейнер и... Гете, или вопрос о том, как начиналась сахарная промышленность в Европе	157
---	------------

Водородная энергетика

В. А. Легасов



Валерий Алексеевич Легасов, член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией неравновесных процессов и заместитель директора Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Основные научные интересы связаны с проблемами водородной энергетики, химией плазмы и синтезом соединений благородных газов. В «Природе» опубликовал (в соавторстве с А. А. Ивановым, Б. М. Смирновым) статью «Химия плазмы», 1975, № 11. Лауреат Государственной премии СССР 1976 г.

ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

Обычно до последнего времени в рассуждениях об энергетических проблемах чаще всего на первый план выступал вопрос об энергоресурсах, их возобновляемости и технической подготовленности общества к освоению тех или иных их видов. При этом могло сложиться впечатление, будто потребители обращались к очередному энергоисточнику по мере истощения предыдущего. В действительности же изменение структуры мирового энергетического рынка трудно объяснить лишь с позиций запасов определенного энергетического источника. Так, известно, что лишь естественное ежегодное возобновление древесины более чем в 6 раз превосходит годовое мировое энергопотребление. Запасы угля существенно больше, чем нефти, а запасы нефти превышают запасы природного газа. Для объяснения и прогнозирования роли конкретного энергоисточника на рынке важнейшую роль, помимо запасов, играют стоимость добычи и транспортировки, распределение и потребность рынка в том или ином энергоносителе. Поэтому для анализа энергетических проблем важно рассматривать энергетическую структуру в целом, а не только ее отдельные составные части. Тогда экономические оценки,

полученные только лишь при учете стоимости энергогенерирующих агрегатов, могут сильно измениться и даже поменять знак. Например, в последнее время в качестве одного из перспективных энергоносителей называют водород. В то же время стоимость его пока достаточно высока.

Однако по данным чикагского Института газовой технологии (США), несмотря на то что сегодня производить электроэнергию экономичнее, чем водород из воды, энергетическая система в целом, включающая транспортировку и распределение энергии, при использовании водорода в качестве энергоносителя оказывается более рентабельной. Следует заметить, что в этом сравнении рассматриваются лишь несколько элементов энергетической системы, а не вся она в целом (табл. 1).

Изучение энергетической структуры США в начале 70-х годов позволяет сделать целый ряд интересных заключений. Так, мощное внедрение на энергетическом рынке нефти и природного газа можно объяснить бурным развитием транспорта (авиационного, автомобильного, морского) и химической промышленности, для которых нефть и природный газ оказались технически и экономически наиболее удобными энергоносителями.

Таблица 1

Сравнительная стоимость энергии, произведенной и доставленной потребителю в форме электричества и через производство водорода

	Электроэнергия, долл./Гкал	Водород, долл./Гкал
Производство	6,68	7,38—8,08
Система распределения по потребителям	4,02	0,85
Передача на 100 км	1,53	1,3
Общая	12,23	9,53—10,23

Таблица 2

Некоторые физико-химические свойства воды

Процесс	Температура, °C	Значение энергии реакции				
		в тепловых ед., ккал/моль	в энергетических ед., кДж/моль	в атомно-физических ед., эВ	в ед. длины волны эквивалентного светового кванта, Å	в ед. температуры, Т К
Электролитическая диссоциация $H_2O \rightarrow H^+ + OH^- - q$	20	—13,650	—57,15	0,55	21 057	3 930
Электролитическое разложение $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2 - q$	25	—28,52	—119,4	1,23	10 077	9 430
Окисление водорода $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$ (пар) $+ q$	25	—57,79	241,97	2,49	4 973	19 234
(вода) $+ q$	25	—68,32	286,02	2,94	4 207	22 736
Диссоциация на атомарный водород и нейтральную гидроксильную группу $H_2O \rightarrow H + OH - q$		—117,8	—493,2	5,08	2 440	38 850
Диссоциация на атомарные компоненты $H_2O \rightarrow H + O + H - q$		—218,9	—916,5	9,43	1 310	72 670
Ионизация $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^- - q$		—292,29	—1223,8	12,59	981	96 650
Термическая диссоциация $H_2O \rightarrow H + OH \rightarrow H_2 + O_2 + OH$	2500	4,5% ($H_2 + O_2$), 5,6% ($H_2 + OH$)				

Важно также, что техническая линия развития этих главнейших потребителей энергии такова, что использование ими энергии в форме электричества ничтожно мало. Следовательно, по мере истощения (физического или экономически доступного) рынка естественного и привычного энергоносителя (нефти, газа) встает проблема его замены. В принципе, суммарные запасы первичных источников энергии (уголь, уран, торий, дейтерий, ветер, приливы, геотермальные воды, Солнце), которыми располагает человечество, неограниченны. Поэтому ближайшая проблема состоит в выборе оптимальной с технической, экономической и экологической точек зрения стратегии использования энергии первичных источников для производства тепла, электричества и, в недалеком будущем, в поисках заменителя природного газа и нефти.

Очевидно, что доля энергии первичных источников, расходуемая для производства будущего энергоносителя, зависит как от запасов нефти и природного газа, так и от того, насколько технически и экономически целесообразно увеличивать степень электрификации существующих технологий в металлургии и химической промышленности. Во всяком случае, эта доля нового энергоносителя становится весьма существенной уже в конце столетия. В перспективе в качестве первичного источника рассматривается ядерная энергия, но для наших рассуждений это несущественно, поскольку таким первичным источником может быть и уголь, и солнечная энергия или их комбинация. Важно лишь, что первичная энергия независимо от ее источника должна быть трансформирована, в конечном счете, не только в электроэнергию,

но и в энергоноситель, более близкий по своим качествам к нефти и природному газу.

По сегодняшним многочисленным оценкам на роль такого энергоносителя претендует наиболее распространенный во Вселенной элемент № 1 Периодической системы — водород.

Причин тому много. Его запасы, если в качестве сырья рассматривать воду, неограниченны, теплотворная способность (142,8 кДж/г) максимальна, он легко аккумулируется в разных фазовых состояниях. В газообразном состоянии водород не токсичен, имеет высокую теплопроводность и малую вязкость (последнее важно для транспортировки по трубопроводам) и т. д. Но главные его достоинства состоят в экологической безопасности применения (во всех вариантах использования отходящий продукт реакций с его участием — вода), а также в универсальности его использования. Водород прямо или косвенно является или может явиться важнейшим реагентом в черной и цветной металлургии (процессы восстановления), в неорганическом и органическом синтезе. В то же время водород может быть весьма эффективно использован и как топливо для двигателей. Проведенное фирмой «Локхид» сравнение керосина и жидкого водорода в качестве топлива для транспортных до- и сверхзвуковых самолетов показало преимущество водорода, несмотря на усложнение топливной системы (увеличение объема баков, введение криогенной техники).

В общем, создание экономически разумной технологии крупномасштабного производства водорода позволило бы в перспективе вместо нефти и газа иметь более удобный в технологическом и экологическом отношениях энергоноситель.

Масштабы мирового производства водорода в последние годы резко увеличивались (примерно на 10% в год) и ныне составляют более 30 млн т/год. Но для 96% получаемого ныне водорода сырьем служит природный газ, основать на котором крупномасштабную перспективную энергетику невозможно. Следовательно, необходимо переходить к энергетически и технологически более сложному по масштабам процессу получения водорода, используя в качестве его источника воду.

Наиболее доступными и, на первый взгляд, простыми могли бы служить методы разложения воды с использованием каменного угля. Учитывая масштабы

запасов каменного угля и разработанность самих методов, можно предположить, что именно они и послужат в ближайшее время основой производства водорода и его производных (метана, например, из воды). Но возникает ряд проблем, связанных с необходимостью увеличить объемы вскрываемых пластов по мере роста энергетических потребностей и, следовательно, резко увеличить выбросы двуокиси углерода в атмосферу, характерные для процессов этого типа. Кроме того, уголь выгоднее ожижать или газифицировать в метан, а необходимость очистки продуктов от серы потребует дополнительно огромных количеств водорода.

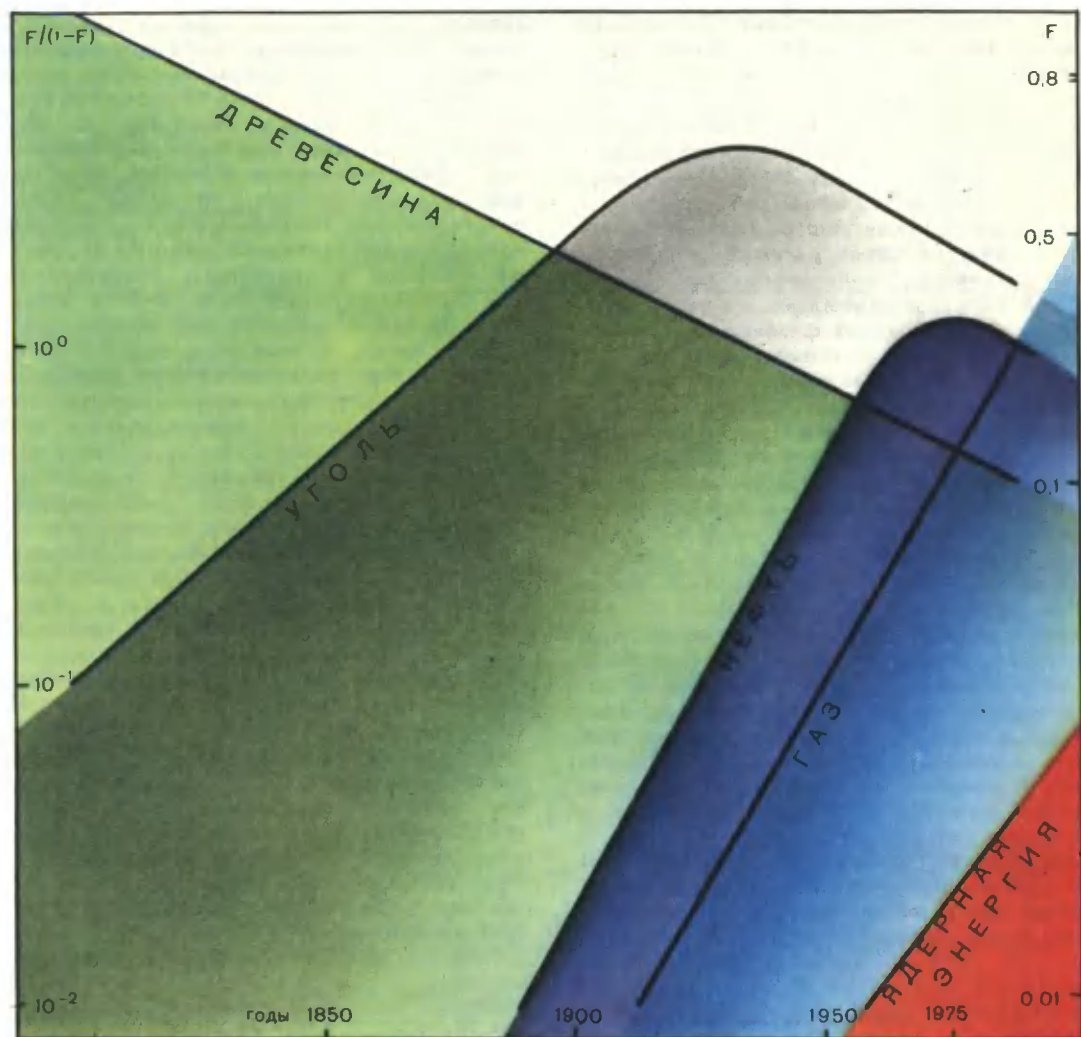
Более удачным представляется такое решение проблемы, при котором единственным расходуемым сырьевым источником является вода, диссоциируемая с помощью того или иного первичного источника энергии и быстро регенерируемая в общем топливном цикле водородной энергетики. Ее запасы в океанах и морях составляют $1,3 \cdot 10^{18}$ т против $1,5 \cdot 10^{13}$ т каменного угля.

Понятно, что для реализации этого метода предстоит решить ряд крупных проблем. В данной статье мы рассмотрим лишь вопросы, связанные с оценкой различных методов диссоциации воды, так как экономичное решение этой задачи представляется ключевым для проблемы в целом.

Для получения водорода теоретически пригоден любой способ, разрывающий валентную связь $H-O-H$. В соответствии с физико-химическими свойствами воды, эту задачу можно решить различными способами: путем электролитического расщепления (электролиз); путем химического превращения с обменом водородным ионом и его последующей рекомбинацией (термохимия); путем фотодиссоциации (фотолиза) в ультрафиолетовой области спектра при энергии фотона в диапазоне 5,08—12,59 эВ; с помощью фотокаталитического процесса, когда роль катализатора выполняют вещества биологической природы; путем радиолиза при облучении воды жестким ионизирующим излучением; путем прямого термического разложения молекулы H_2O (табл. 2).

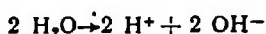
ЭЛЕКТРОЛИЗ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Теоретические аспекты и технология электролиза воды достаточно известны.

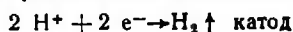


Динамика заполнения мирового энергетического рынка различными энергетическими источниками. F — рыночная доля; $F/(1-F)$ — относительная рыночная доля.

Процесс схематически можно описать уравнениями:



электролитическая диссоциация

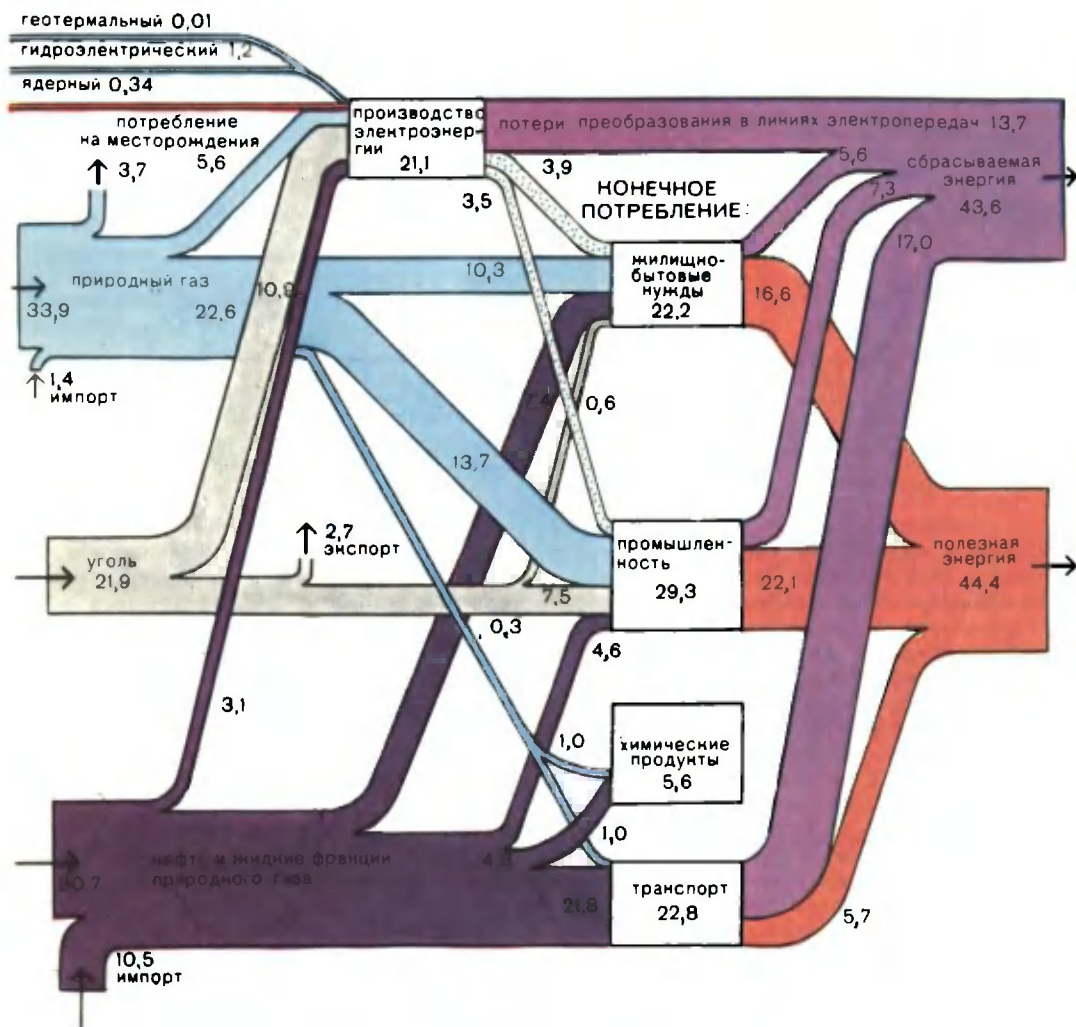


В результате взаимодействия ионов водорода и гидроксидов с электрическими

зарядами на катоде ячейки выделяется водород, а на аноде — кислород. Из энергетических соображений электролиз выгодно проводить при высоких температурах, например порядка 1000°C . Однако в наиболее отработанной технологии температура электролита не превышает 100°C при напряжении на ячейке электролизера 1,8—2,9 В.

На получение 1 м^3 водорода практически расходуется около 0,9 л воды. Чистота продукта при этом достигает 99,99—99,999% против 95—99% на установках по конверсии природного газа. Однако электролитический водород достаточно дорог: по американским оценкам 7,9—8,4 цента за 1 м^3 . Его стоимость примерно в 2,5 раза выше, чем у

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ



Структура источников и потребление энергии в США в 1970 г. (по данным Л. В. Джонса, Мичиганский университет, США). Цифры даны в процентах.

водорода, получаемого из природного газа, и определяется главным образом стоимостью электроэнергии. В результате мировое производство электролитического водорода в настоящее время незначительно — всего лишь около 4% от общей выработки (по состоянию на 1974 г.) — и сосредоточено в основном в странах с дешевой электроэнергией от ГЭС (АРЕ, Канада, Норвегия). Несмотря на ограниченность масштабов электроли-

тического производства водорода в мировом балансе, технология электролиза достигла определенного промышленного уровня. По мере развития технологии наблюдается постепенное понижение напряжения на ячейке электролизера, уменьшение расхода электроэнергии на производство 1 м³ водорода и рост КПД установок. Это означает, что с развитием технологии удастся уменьшить влияние основных источников необратимых потерь — перенапряжения на электродах, сопротивления электролита, электродов, контактов, эффектов поляризации.

Следует отметить, что как в СССР, так и за рубежом ведутся исследования, направленные на повышение параметров электролизеров. Одно из направлений за-

Таблица 3

Сравнительная оценка стоимости электролитического водорода в центах за 1 м³ (США, 1974)

Стоимость электроэнергии ¹ , цент/кВт·ч	Существующая технология электролиза ²	Высокотемпературная технология (прогноз) ³		Примечания
		нагрев за счет сжигания угля по цене 1 долл/ГДж при КПД 50%	нагрев за счет ядерных источников тепла по цене 0,5 долл/ГДж при КПД 50%	
0,9	7,7	3,9	3,3	внепиковая электроэнергия от АЭС, 1974 г.
0,5	4,3 ⁴	3,0	2,4	внепиковая электроэнергия от АЭС, 2000 г.
0,3	2,6 ⁴	2,5	1,9	

Стоимость водорода паровой конверсии составляет 3,5—4,3 цента за 1 м³.¹ Предполагается, что установки электролиза воды располагаются при электростанциях. Поэтому в стоимость электроэнергии не включены затраты на распределительное оборудование и передачу электроэнергии.² При напряжении на ячейке электролизера 2,2 В.³ При напряжении на ячейке электролизера 0,8 В.⁴ Оценка произведена только в расчете на уменьшение стоимости электроэнергии и не учитывает возможность модернизации современных установок.

ключается в разработке электролиза под давлением, что позволит снизить затраты на компримирование (повышение давления с помощью компрессоров) водорода.

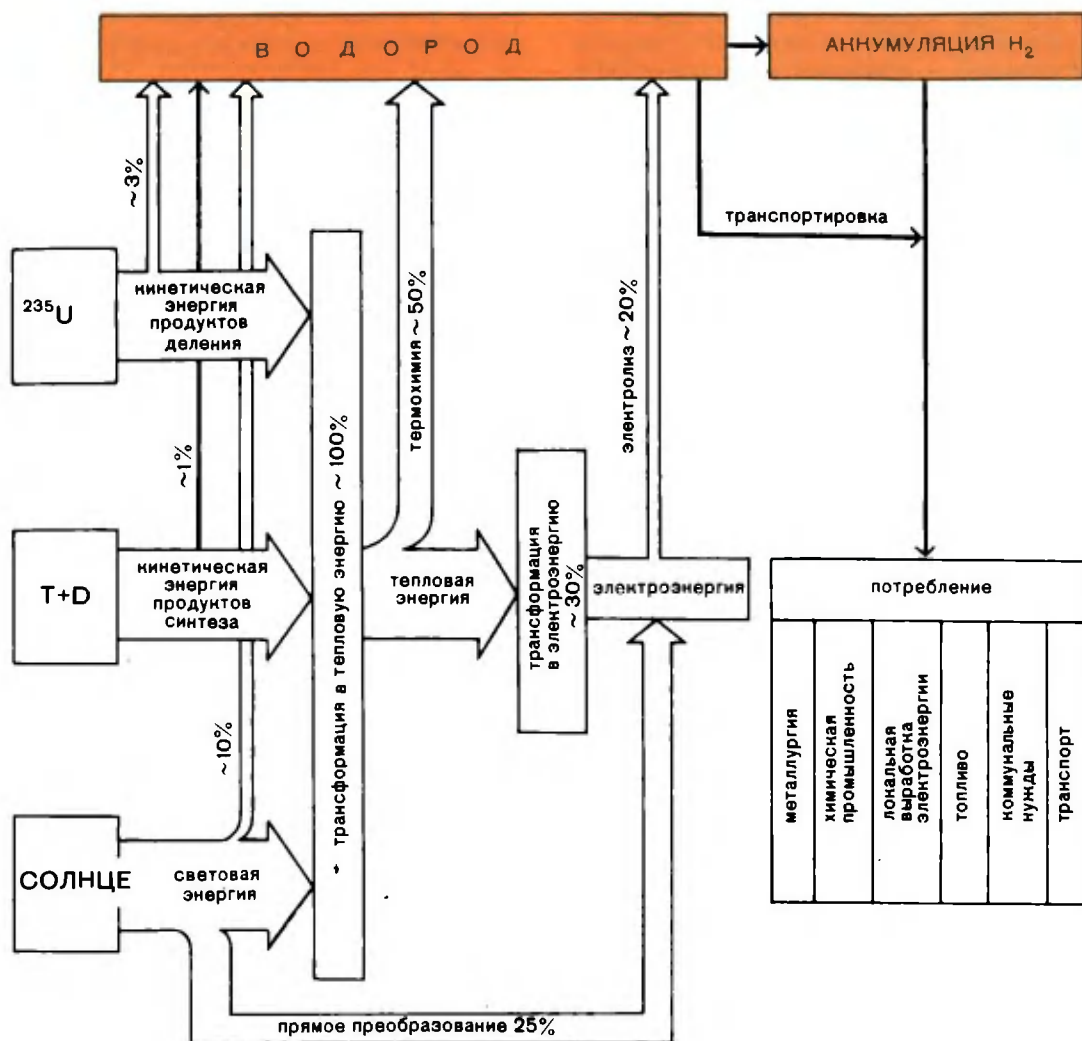
В последнее время обсуждаются также возможности высокотемпературного электролиза. В случае успешной реализации этого метода, предусматривающего разложение паров воды при температуре до 1000°C в ячейке с твердым электролитом (мембрана из ZrO_2 с добавкой Са или Y_2O_3) при напряжении около 0,8 В, появляется возможность получения водорода путем прямого использования высокотемпературного тепла, например от ядерного реактора. При этом экономичность электролизного метода значительно повысится. Согласно прогнозам, даже при существующей стоимости электроэнергии стоимость водорода по высокотемпературной технологии будет сравнима (если окажется не меньше) со стоимостью водорода паровой конверсии. Перспективные же оценки с учетом удешевления электроэнергии приводят к еще более благоприятным результатам даже в случае применения существующей технологии электролиза (табл. 3).

Особенность действующих установок состоит в применении чистой воды для электролиза: парового конденсата или дистиллата. В то же время для масштабной водородной энергетики весьма привлекательной представляется возможность получения водорода непосредственно из морской воды. Однако ее пригодность для проведения электролиза без

предварительной подготовки совсем не очевидна. Достаточно заметить, что содержание кальция и ионов хлора в морской воде достигает 400 и 18,98 мг/л, в то время как в дистиллате оно составляет 1,0 и 0,02 мг/л соответственно. Поэтому во всех экспериментах одновременно с кислородом на аноде выделяется газообразный хлор. Это означает, что непосредственный электролиз морской воды в промышленных масштабах едва ли может быть осуществлен без существенных дополнительных затрат на предотвращение нежелательных экологических последствий, связанных с выделением хлора.

И все-таки электролитическое расщепление воды представляется перспективным методом, поскольку всякое удешевление стоимости 1 кВт·ч будет увеличивать конкурентоспособность этого способа. (Около 70% себестоимости водорода приходится на долю расходуемой электроэнергии.) Не исключено, что использование некоторых из обсуждаемых в последние годы потенциальных источников электроэнергии (термоядерный синтез, геотермальное тепло, излучение Солнца, морские течения (Гольф-стрим), ветер и волнение моря) со временем приведет к ее значительному удешевлению (хотя эти надежды и представляются нам слишком оптимистичными).

Кроме того, согласно современным представлениям, отсутствуют принципиальные термодинамические ограничения, препятствующие увеличению КПД электролизеров вплоть до 100%. Существующие



Возможные пути получения водорода и структура энергопотребления с его использованием.

применение электролиза в водородной энергетике в перспективе может быть связано с прогнозируемым понижением стоимости 1 кВт·ч, с возрастанием КПД установок и с освоением экологически безвредного разложения морской воды.

щие потери обусловлены техническим уровнем исполнения установок. Поэтому использование новых, более перспективных материалов и проведение соответствующих научно-исследовательских разработок могут повысить КПД промышленных электролизеров до уровня 70—80%. В случае же высокотемпературного электролиза КПД может быть увеличен до 80—90%.

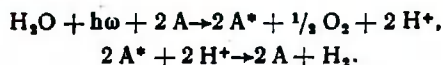
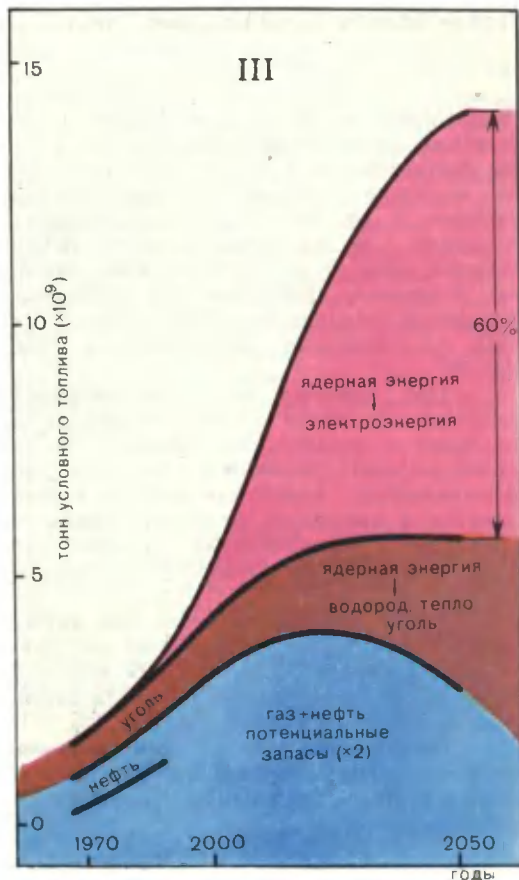
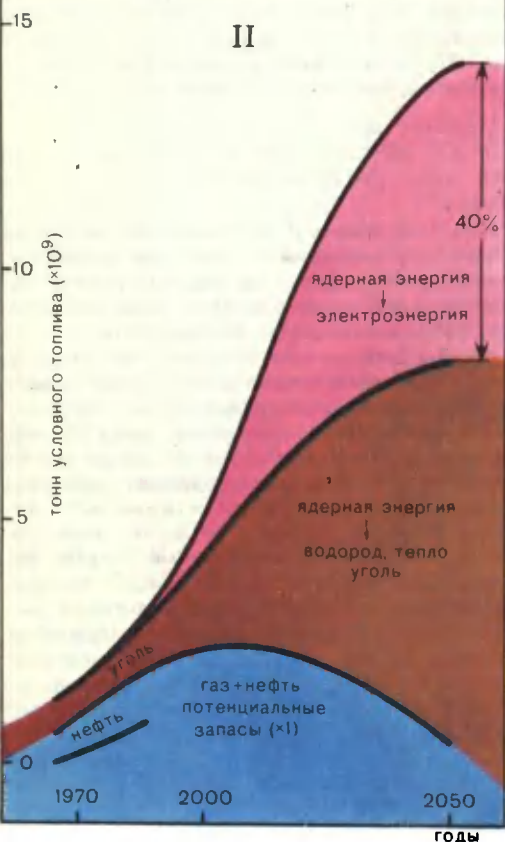
Таким образом, промышленное

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ВОДЫ

Перспективы данного метода обычно связывают с огромным потоком солнечной энергии, поступающей на Землю. Напомним, что солнечная постоянная составляет 2 кал/см² · мин, или 1,353 кВт/м². Из-за поглощения атмосферой до земной поверхности доходит только часть этой энергии. Но и эта часть в

вых материалов, ведутся поиски более эффективных способов разложения. При этом ряд исследователей возлагает надежды на фотокаталитический метод.

Схематически физико-химическую картину этого метода можно представить в виде последовательности окислительно-восстановительных реакций, когда фотокатализатор А под действием света восстанавливается до некоторого состояния A^* , чтобы затем перевести ион водорода в молекулярное состояние. В результате схема процесса описывается уравнениями:



Фотокаталитический агент А должен обладать способностью к поглощению света в достаточно широкой области спектра и свойством полной регенерации. При этом его конкретный каталитический механизм может иметь совершенно разную природу: твердотельную (кристалл TiO_2 при

фотоэлектрическом расщеплении), химическую (метиленовый голубой при фотохимическом расщеплении), биогенную (гидрогеназа при биохимическом расщеплении). Рассмотрим их каждый в отдельности.

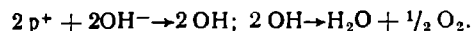
Фотоэлектрическое расщепление.

А. Фудзисима и К. Хонда (Япония) обратили внимание на возможность фоторасщепления воды в присутствии полупроводникового элемента, анод которого состоит из кристалла TiO_2 , а в качестве катода используется электрод из платины.

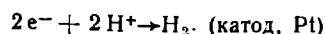
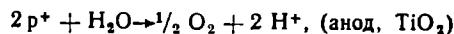
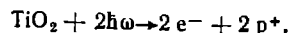
По схеме опыта анод и катод помещали в водные растворы электролита с различными рН среды.

Механизм выделения газов представляется следующим. В результате воздействия излучения с энергией, превышающей ширину запрещенной зоны (3,0 эВ), в кристалле TiO_2 образуются электронно-дырочные пары. На поверхности кристалла дырки взаимодействуют с

гидроксильными группами, приводя к выделению кислорода:



На катоде ячейки электроны реагируют с ионами H^+ , образуя молекулярный водород. Процесс носит признаки электролиза, в связи с чем и известен в литературе как фотоэлектролиз. Его схематическое описание дается системой уравнений:



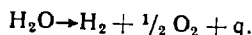
Эффективность такого разложения незначительна и в зависимости от вида ячейки составляет от 3 до 11%. Поэтому одна из задач фотоэлектрического метода состоит в подборе полупроводникового элемента с более узкой шириной запрещенной зоны. В частности, совсем недавно появилось сообщение об успешном испытании полупроводникового кристалла WO_3 с шириной запрещенной зоны 2,8 эВ.

Оба варианта носят лабораторный характер. В обоих случаях необходимо отобрать и наладить производство полупроводниковых элементов с высокой эффективностью преобразования световой энергии в выходную величину. Провести сравнение экономических показателей этих методов в настоящее время затруднительно.

Таким образом, в настоящее время эффективность фоторазложения не превышает итоговой эффективности электролиза в сочетании с фотопреобразователем из арсенида галлия (14%).

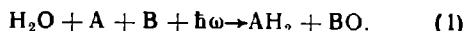
Фотохимическое расщепление.

Энергетическая сторона этого процесса определяется стандартным изменением энтальпии реакции:

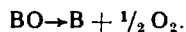


Это изменение равно 56,7 ккал/моль, что как раз соответствует длине волны видимого света 5070 Å. Поскольку вода прозрачна для этой части спектра, при фотохимическом разложении в качестве фотокаталитического агента могут быть использованы органические красители или неорганические соли элементов с переменной валентностью. При этом, помимо фотосенсибилизатора А, в реакции участ-

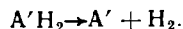
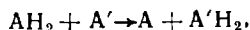
вует несветочувствительное вещество В, играющее в водной среде по отношению к А роль восстановителя:



Цикл замыкается реакциями:

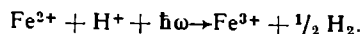


Реакция (2) может быть осуществлена под действием света. Если энергии видимого излучения недостаточно для разложения AH_2 в одну стадию, процесс можно осуществить в две ступени, введя промежуточный окислитель А' :



Таков, например, фотохимический процесс, протекающий с участием рибофлавина (фотосенсибилизатор А), триэтанол-амина (восстановитель В) и метилвиологена (окислитель А'). Имеются и другие возможности осуществления реакции (1).

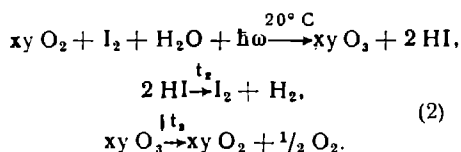
Фотохимическое разложение воды с использованием неорганических фотосенсибилизаторов осложняется тем обстоятельством, что большинство неорганических солей активно поглощает световое излучение лишь в области длин волн короче 3500 Å. Однако на долю этой области спектра приходится не более 3% солнечной энергии, достигающей поверхности Земли. Кроме того, квантовый выход подобных фотохимических процессов получения водорода с регенерацией реагентов не превышает 0,0013, и суммарный энергетический КПД составляет около 0,001%. Более высокий квантовый выход может быть получен для реакций с расходом реагента: например, для протекающего в кислой среде (6М H_2SO_4) под действием ультрафиолетового излучения (2537 Å) процесса:



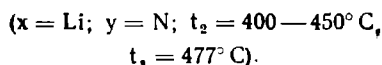
В данном случае квантовый выход оценивается величиной около 0,7, а суммарный КПД — 1,63%.

Интересны комбинированные методы получения водорода в замкнутом цикле с использованием неорганических реагентов, включающие как фотохимиче-

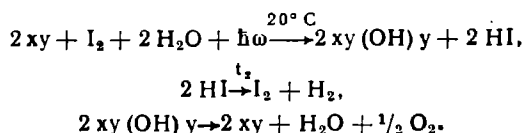
ские, так и термохимические ступени. Предложено несколько разновидностей таких циклов. Семейство циклов, использующих в качестве фотосенсибилизатора I_2 , описывается уравнениями:



Один из циклов этого семейства исследуется в США в Аргоннской национальной лаборатории:



Если вместо Li взять Na, температуру t_2 придется повысить до $525^\circ C$, для Kt_2 составит уже $535^\circ C$, для Rb $t_2 = 548^\circ C$, для Cs $t_2 = 585^\circ C$. Следует добавить, что реакция (2) может быть осуществлена как фотохимическая, без затраты дополнительного тепла. Поскольку максимальная температура для циклов этого семейства не превышает $600^\circ C$, в качестве источника тепла можно использовать также солнечную энергию. Максимальная температура, необходимая для производства водорода, может быть еще более снижена, если перейти к другому семейству фототермохимических циклов:

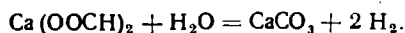


Если $x = Fe$ и $y = SO_4$, то $t_2 = 250^\circ C$ т. е. наивысшей температурой цикла оказывается t_1 , которая составляет $400 - 450^\circ C$.

Хотя использование фотохимических процессов получения водорода, по-видимому, не связано с серьезными техническими трудностями, представляется маловероятным, что они смогут в обозримом будущем (10—15 лет) оказаться в достаточной мере эффективными и универсальными и приобрести практическое значение для крупномасштабного производства. Это объясняется тем, что пока отсутствуют высокопроизводительные и экономичные способы трансформации солнечной энергии в водород. Рассмотренные схемы еще дороги и обладают низкой производительностью.

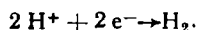
Биохимическое расщепление воды.

Выделение водорода под действием микроорганизмов не является чем-то экзотическим. Еще в 1875 г. этот эффект был обнаружен Л. Поповым при брожении муравьинокислого кальция. Последующие исследования показали, что здесь протекала реакция:

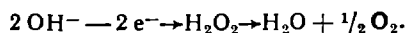


В этой реакции ферменты бактерий играли роль катализатора.

Природа фотосинтетического выделения водорода окончательно еще не выяснена. Считается, что этот процесс непосредственно связан с фотосинтезом и идет примерно по следующей схеме. Первоначально солнечный свет поглощается светочувствительным пигментом, например белком хлорофилла. С помощью активных центров белка эта энергия сообщается электронам, источником которых служит некоторое донорное вещество. Затем, как и при фотосинтезе, электроны через промежуточное соединение ферродоксин доставляются к ионам водорода H^+ , восстановление которых до молекулярного состояния происходит под действием катализатора биологической природы:



По современным представлениям таким катализатором является фермент либо гидрогеназа, либо нитрогеназа. Очевидно, что особый интерес представляет случай, когда катализируется процесс восстановления катионов H^+ донором которых является вода. Но при этом одновременно может протекать реакция:



Поэтому для предотвращения выделения кислорода необходимо заранее принять меры по связыванию гидроксильной группы.

Исследования в области биологических методов получения водорода носят пока поисковый характер. А. Мицуи в эксперименте с использованием питательной среды из белка синезеленой водоросли *Algae* установил, что при благоприятных условиях в результате жизнедеятельности бактерий *Anabaena cylindrica* выход продукта достигает $0,8 \cdot 10^{-5}$ моль/мин на 1 мг фермента нитрогеназы при облуче-

нии светом от аргоновой лампы с интенсивностью $1,43 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}$. Считая среднегодовую интенсивность солнечного света в диапазоне $3000\text{—}7000 \text{ \AA}$ равной $9 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}$ и зная теплотворную способность водорода $-57,8 \text{ ккал} \cdot \text{моль}^{-1}$ (что дает $5,704 \cdot 10^{-5} \text{ кВт} \cdot \text{см}^{-2}$), исследователи пришли к следующему выводу: для обеспечения тепловых потребностей города с населением 1 млн человек и расходом 10 кВт на душу населения потребуются плантация синезеленых водорослей площадью $17,5 \text{ км}^2$ (КПД теплового использования водорода принят равным 28%). Правда, такая оценка излишне оптимистична, поскольку здесь имеет место далеко идущая линейная экстраполяция. Кроме того, не учитывается целый ряд факторов: отражение падающего и экранирование проходящего света в больших объемах биомассы, проблема сохранения активности фермента, флуктуация его плотности, удаление продуктов жизнедеятельности бактерий. И прежде чем говорить о возможности технологического использования данного метода, предстоит решить целый ряд вопросов: выбор биологического организма, обладающего достаточно длительным сроком существования в минеральных средах и высокой активностью преобразования световой энергии в конечный продукт; разработка экономичной методики получения термоустойчивых и долгоживущих модификаций фермента; поиски наилучших организмов для выработки фермента.

В нашей стране такие исследования проводились с препаратом гидрогеназы из фототрофных пурпурных серобактерий *Thiocapsa roseopersicina*¹. Инактивация фермента в воздушной среде происходила в течение суток. Максимум активности наблюдался при температуре $\sim 70^\circ\text{C}$. Эти данные вселяют надежду на блестящее будущее биохимического производства водорода, хотя сегодня даже ориентировочно невозможно назвать сроки промышленного освоения этой технологии.

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ВОДЫ

Термохимическое получение водорода в замкнутом цикле основывается на

разложении воды под действием тепла в некотором химическом процессе. Процесс может включать две или более стадий с участием рециркулирующих и полностью регенерируемых агентов. Интерес к термохимическим циклам объясняется перспективой получения достаточно высокого значения КПД (50—60%) при прямом использовании тепла высокотемпературного ядерного реактора, исключаяющем стадию преобразования тепла в электроэнергию. (В последнем случае итоговый КПД электролитического производства водорода составит $\sim 30\%$, что примерно вдвое меньше ожидаемого в термохимии.)

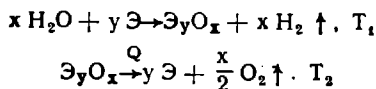
Константа равновесия термической диссоциации воды составляет 10^{-45} при 273 К и около 10^{-8} при 1200 К. При температуре 2773 К в парах воды содержится около 4,5% смеси $\text{H}_2 + \text{O}_2$ и 5,6% смеси $\text{H} + \text{OH}$. Из этого, а также из термодинамических соображений следует, что разложение воды только за счет тепла без затраты работы практически нереализуемо, поскольку требует слишком высоких температур:

$$T = H^0/S^0 = 4087 \text{ К},$$

где $H^0 = -68,317 \text{ ккал/моль}$ — энтальпия, а $S^0 = -16,716 \text{ кал/моль/град}$ — энтропия воды при 25°C и давлении 1 атм.

Кроме того, прямое термическое разложение воды требует решения трудной задачи — разделить сложную парогазовую смесь при названной температуре.

Вот почему основные исследования в данном направлении связаны с поиском методов терморазложения при технологически доступном уровне температуры в районе 1000—1300 К. Добиться этого можно за счет усложнения системы, введения ряда промежуточных реакций, каждая из которых проходит при относительно низкой температуре. При этом все компоненты, за исключением воды, регенерируются за счет потребляемого тепла. Идеальным, например, был бы цикл типа:



Эффективность этого цикла определяется отношением количества полученного водорода в энергетическом эквиваленте к количеству тепла, затраченного на про-

¹ Березин И. В., Варфоломеев С. Я., Гоготов И. Н., Зорин Н. А., Чань Динь Тоай. — «ДАН. Сер. биол.», 1975, т. 220, № 1, с. 237.

цесс. Из термодинамического анализа следует, что она равна

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{1 - T_1/T_2}{1 - T_1/T_{\text{H}_2\text{O}}},$$

где T_1 и T_2 — температуры соответствующих стадий цикла, $T_{\text{H}_2\text{O}}$ — температура, определяющая нулевое значение величины свободной энергии Гиббса для процесса диссоциации воды.

Наивысшая эффективность такого цикла могла бы составить, в принципе, 80% при достижимой в технике температуре, но, к сожалению, в настоящее время химикаты не обладают таким элементом, который удовлетворял бы избраным условиям. Есть элементы, легко вытесняющие водород из молекул воды даже при обычных условиях (порошковое железо, например), но тогда образованные оксиды диссоциируют при очень высокой температуре. Элементы же, оксиды которых диссоциируют ниже 1000°C, практически не взаимодействуют с водой в нужном температурном диапазоне.

Для промышленной реализации идеи замкнутых термохимических циклов приходится прибегать к увеличению числа стадий, теряя при этом, естественно, в эффективности и увеличивая стоимость оборудования.

В принципе могут существовать тысячи различных схем с рециркуляцией агентов, в которых за счет тепла может быть осуществлено разложение воды на элементы. Десятки таких схем описаны в литературе. Но лишь немногие циклы изучены достаточно подробно, причем в большинстве случаев исследования не вышли за рамки лабораторных испытаний. Можно сформулировать ряд основных условий, которым должен отвечать термохимический процесс разложения воды, пригодный для широкой промышленной реализации.

Прежде всего такой процесс должен иметь достаточно высокий КПД при максимальной температуре цикла, которую может обеспечить доступный источник тепла. Для этого нужно стремиться к минимально возможному количеству стадий в цикле (при $T_B = 1000$ К, например, не более трех).

Следует свести к минимуму величину

$$\sum \Delta H_i^0 - H_{\text{H}_2\text{O}}^0 \geq 0,$$

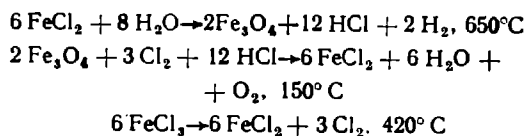
где $\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0$ — стандартное значение эн-

тальпии образования воды, $\sum \Delta H_i^0$ — сумма стандартных изменений энтальпии отдельных стадий цикла.

Необходимо, чтобы на каждой стадии термохимического процесса затрачивалось минимальное количество работы, а также минимальное количество энергии, предназначенной для перемешивания и перемещения реагентов, разделения фаз и других технологических операций. Требуется с максимальной эффективностью использовать энергию, выделяющуюся в самом процессе (экзотермические реакции, фазовые превращения).

Другим важным условием является достаточно высокая скорость протекания всех стадий процесса и отсутствие побочных реакций. Благоприятные кинетические факторы позволят обеспечить высокий выход продукта, оптимальные размеры аппаратуры — избежать необходимости рециркулировать значительные массы непрореагировавших компонентов.

Важное значение имеет выбор реагентов. Они не должны быть дефицитными и дорогостоящими, поскольку это накладывает жесткие ограничения на степень их регенерации в процессе. В качестве примера рассмотрим цикл Марк-9 («Евратом», Испра, Италия):



В этом цикле используются сравнительно недорогие реагенты (соляная кислота, магнетит, хлор). Однако по оценкам степень их регенерации должна быть не ниже 99,8%. Снижение этой величины на 0,1% приводит к такому же возрастанию стоимости продукта, как и снижение КПД цикла на 50%. Для процессов, использующих более дорогие реагенты: бром, ртуть (Марк-1, Испра), медь, магний (Бьюлах, «Дженерал Электрик»), степень регенерации должна быть, соответственно, не менее 99,99 и 99,995%. Достижение высоких показателей регенерации важно не только по экономическим причинам, но и из экологических соображений. Учитывая потенциальные масштабы производства водорода, для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо избегать использования токсичных препаратов.

Другое решающее требование к

Таблица 4

Сравнительные характеристики методов получения водорода

Метод	Ориенти- ровочный КПД, %	Состояние на конец 1975 г.	Ориентировочная стоимость продукта, цент/м ³	
			на конец 1975 г.	перспективная оценка (на 2000 г.)
Паровая конверсия природного газа		промышленная реализация СССР, США	3,5—4,3	в 5—10 раз больше стоимости 1975 г.
Электролиз				
электроэнергия от ГЭС	70	промышленная реализация, АРЕ, Канада, Норвегия	6	
электроэнергия от ТЭС	20	промышленная реализация СССР, США, ФРГ	6	
электроэнергия от АЭС (высокотемпературный газохлаждаемый реактор — ВТГР)	30	опытно-промышленное освоение, США	5,3—7,6; 7,9—8,4	2,6; 2,7—4,5; 7,9—8,4; 3,9—4,8; 5,6—6,1
электроэнергия от солнечных батарей	14	техническое предложение		
высокотемпературный, 1000°C	80	техническое предложение		1,9
электроэнергия и тепло от АЭС ВТГР				
Термохимия				
солнечное тепло		техническое предложение		3,8
Комбинация электролиза и термохимии				
электроэнергия и тепло от ВТГР	48	элементы опытно-промышленного освоения, США		5,0—6,1
Фотолит, солнечный свет, кристалл TiO ₂	11	лабораторные испытания		
Фотохимия		лабораторные испытания		
Биохимия		лабораторные испытания		

реагентам — их совместимость с конструкционными материалами.

Наконец, процесс должен быть безопасным, легко управляемым и достаточно простым в технологическом отношении.

Очевидно, поиски цикла, отвечающего перечисленным требованиям, и его промышленное освоение представляют собой сложную задачу. Необходимо выполнить значительный объем термодинамических расчетов, термохимических и кинетических экспериментов, коррозионных и материаловедческих исследований, технологических испытаний и проектно-конструкторских работ. Среди проблем, которые должны быть решены, — создание надежно работающего источника тепла с температурой 1000—1100 К, а впоследствии и 1400—1500 К (таким источником может быть, например, высокотемпературный ядерный реактор, термоядерный реактор или коллектор солнечной энергии); создание высокотемпературного

теплообменника; подбор конструкционных материалов, устойчивых к воздействию агрессивных сред при высоких температурах; предотвращение попадания в технологические потоки и окружающую среду трития (при использовании в качестве источника тепла высокотемпературного газохлаждаемого реактора или термоядерного реактора); создание аппаратуры и разработка технологии, обеспечивающей высокую степень регенерации рециркулирующих агентов (до 99,9—99,99%).

Решение этих проблем, по-видимому, потребует значительного времени.

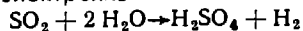
КОМБИНИРОВАННЫЕ СХЕМЫ — БЛИЖАЙШЕЕ БУДУЩЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Если, однако, сроки промышленного освоения термохимического способа сегодня представляются достаточно отдаленными, то реализация разного рода

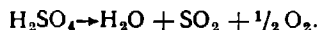
комбинированных схем может быть осуществлена значительно раньше.

Весьма многообещающим выглядит, например, комбинированный цикл, включающий две стадии:

электролиз



и термическое разложение

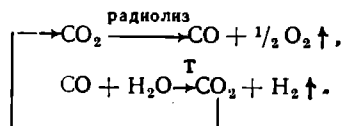


Для осуществления первой стадии цикла требуется напряжение 0,17 В и температура 25°C (при активности исходных веществ и продуктов реакции, равной единице). При этом расход электроэнергии на получение водорода составляет менее 15% от величины, необходимой для электролиза воды с использованием современных промышленных электролизеров.

Термическое разложение происходит при температуре 1144 К, давлении 5,25—10,5 ата и весовой концентрации кислоты 65—85%.

При создании комбинированных схем получения водорода из воды может оказаться целесообразным использовать радиолизные процессы. Известно, что радиационный выход (G) водорода (число молекул на 100 эВ поглощенной энергии) при использовании в качестве ионизирующих излучений нейтронов или γ -излучения чрезвычайно низок.

В процессах, где применяются α -излучатели (например, гомогенные растворные реакторы с внешней зоной, содержащей раствор литиевых или бериллиевых солей), величина радиационного выхода — порядка 2. Поскольку суммарная эффективность получения водорода радиолизом определяется в процентах примерно как 3 G, ясно, что более 6% эффективного использования энергии в прямых радиолизных процессах получить трудно. Однако известен ряд процессов с более высоким радиационным выходом. Например, радиолиз жидкой двуокиси углерода до моноокиси углерода характеризуется величиной радиационного выхода порядка 10. Если затем радиолизную моноокись термохимически окислить водой вновь до двуокиси углерода, возвращаемой в цикл, то водород может быть получен с эффективностью около 30% в системе:



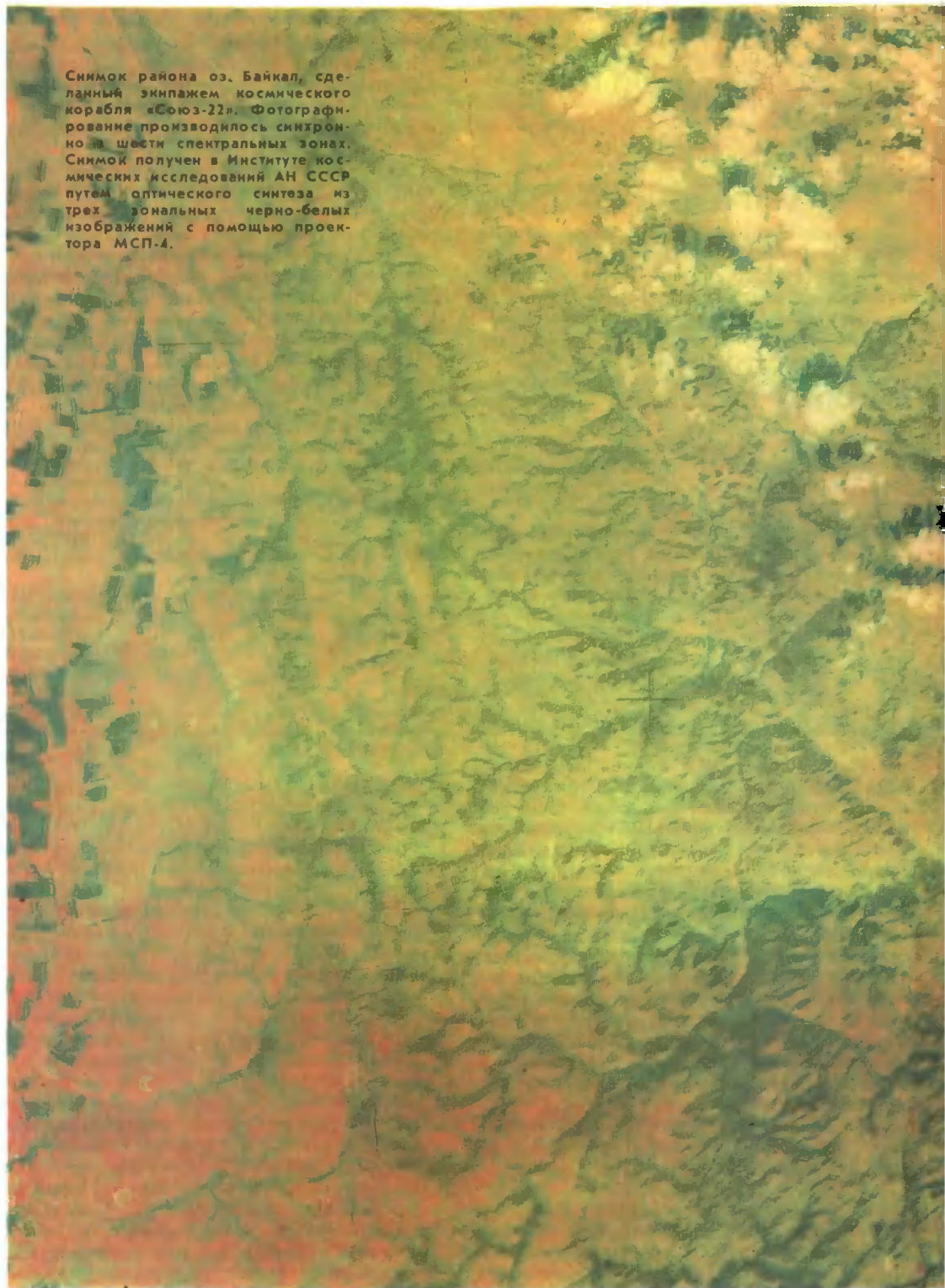
Это делает подобный процесс вполне сравнимым с электролизным.

Видимо, какой-либо из комбинированных методов по мере разработки и ляжет в основу промышленных крупномасштабных методов получения водорода из воды.

Итак, наиболее перспективной представляется энергетическая система, гармонично построенная на двух энергоносителях — электричестве (незаменимом для процессов передачи информации и управления) и водороде (наиболее удобном для использования в транспортных целях, в химической промышленности и металлургии). Ее привлекательность определяется не только сегодняшними экономическими прогнозами, но и наибольшим приближением к биосистеме планеты, в эволюции которой роль водорода непрерывно способствовала усложнению и организации биоматерии.

УДК 620.4; 662.769

Снимок района оз. Байкал, сделанный экипажем космического корабля «Союз-22». Фотографирование производилось синхронно в шести спектральных зонах. Снимок получен в Институте космических исследований АН СССР путем оптического синтеза из трех зональных черно-белых изображений с помощью проектора МСП-4.





«Союз-22»: новый вклад в космическое земледование

Основной целью полета космического корабля «Союз-22», проведенного в сентябре 1976 г. по программе сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях, были отработка и усовершенствование научно-технических методов и средств изучения природных ресурсов Земли из космоса в интересах народного хозяйства. На борту «Союза-22» блестяще выдержал испытания новый многоспектральный космический фотоаппарат МКФ-6, разработанный специалистами Института космических исследований АН СССР и народного предприятия «Карл Цейс Йена». Этот уникальный прибор позволил космонавтам В. Ф. Быковскому и В. В. Аксенову сфотографировать выбранные участки территории СССР и ГДР в четырех видимых и двух инфракрасных областях спектра (отсюда и название самого эксперимента — «Радуга»). Получено около 2500 снимков в каждом спектральном диапазоне.

МКФ-6 одновременно производит съемку местности в шести участках спектра (в диапазоне 480—840 нм) и при этом регистрирует как собственное электромагнитное излучение наземных объектов, так и отраженную ими солнечную радиацию. Прибор дает высокую информативность фотографии при разрешении 20 м и захватывает большие площади съемки (кадр вмещает в среднем 17 тыс. км²).

Прежде чем конструкторам была дана рекомендация разработать именно шестиспектральную фотокамеру, в лабораториях Института космических исследований АН СССР были проанализированы спектральные характеристики около 2 тыс. наземных образований, изучены их отражательные характеристики, выявлены особенности и условия различения. Дело в том, что в разных зонах спектра те или иные земные объекты, те или иные явления природы видны лучше. Наибольшей информативностью обладает оптический диапазон — самый широкий по спектру излучений. Он весьма чувствителен к таким физико-химическим и биологическим параметрам земных образований, как содержание хлорофилла в зеленой массе, концентрация фитопланктона в водоемах, соленость воды и ее загрязнение, состав и влажность почв и т. д. Тепловое инфракрасное излучение несет информацию о темпера-

турных изменениях природных образований, позволяет обнаружить выходы геотермальных вод, глубинные разломы земной коры, участки растительности, пораженные болезнью. Радиоволны проникают сквозь громадные толщи земных покровов, четко отражают геометрические характеристики поверхностей и т. д. Но наиболее полная информация достигается при комбинации данных, регистрируемых в разных диапазонах.

Многозональная съемка проводилась в нашей стране уже с борта кораблей «Союз-12» и «Союз-13», затем этот же метод применялся во время второй экспедиции на орбитальную станцию «Салют-4». Космонавты П. И. Климук и В. И. Севастьянов вели фотографирование с высоты 340 км блоком из четырех фотоаппаратов в узких спектральных интервалах оптического диапазона и ближней инфракрасной области. Фотографирование в каждом из выбранных участков спектра позволило получить своеобразную информацию о природных объектах, при этом зона 500—600 нм оказалась наиболее информативной при изучении мелководий и выносов рек; зона 600—700 нм — при фиксировании ограниченных по площади объектов, поскольку обеспечивает наилучшее пространственное разрешение; в зоне 700—840 нм наиболее четко отражается геологическая структура территории.

Сейчас в Институте космических исследований АН СССР и в других заинтересованных организациях ведется обработка фотoinформации, полученной с «Союза-22». Для дешифрования фотографий используется созданный специалистами ГДР и СССР многоспектральный проектор МСП-4, который позволяет из четырех черно-белых снимков, сделанных в разных зонах спектра, получать увеличенные в 5 раз синтезированные цветные изображения. Каждому спектральному диапазону придают свой условный цвет; варьируя цветовую мозаику, добиваются выделения на изображении необходимых объектов.

Л. А. Ведешин

Совет «Интеркосмос» при АН СССР

Съемка с борта «Союза-22» велась по заявкам десятков научных и производственных организаций страны. Геологи и геофизики, океанологи и мелиораторы, специалисты сельского и рыбного хозяйства, гляциологи, метеорологи, лесоводы получили новое эффективное средство для изучения природных ресурсов, выявления районов, перспективных для поиска полезных ископаемых, определения запасов воды в горных ледниках и сезонном снежном покрове, для тонких исследований земной атмосферы и облачных образований, режимов рек и ледовой обстановки, взаимодействия холодных и теплых течений в океане, подъема глубинных вод, обнаружения скоплений промысловых рыб, оценки состояния почв и посевов, распространения различных пород деревьев и т. д.

Особое место занимают космические снимки в геологических исследованиях, связанных с выявлением минеральных ресурсов. По оценкам специалистов, именно геологи потребляют более половины космической информации. Как показали исследования, выполненные в различных регионах страны, космические снимки оказались весьма эффективными при изучении разрывной тектоники, при определении глубинного строения платформенных областей, выявлении различных концентрических кольцевых структур. Результаты таких исследований способствовали проведению металлогенического анализа обширных территорий, оказались необходимыми при изучении инженерно-геологических, в частности сейсмотектонических условий.

На первой странице обложки помещен фрагмент космического снимка Памиро-Алая. На нем ясно выделяется зона сочленения тектонических областей Памира и южного Тянь-Шаня, которая давно привлекает внимание специалистов. В центральной части снимка видна Алайская долина; к северу и югу от нее располагаются крупные морфоструктурные элементы Алайского и Заалайского хребтов. Видны четкие спрямленные

линии, соответствующие крупным разломам земной коры. Снимок позволяет уточнить рисунок разломов, а значит, поможет разобраться в сложной геодинамической обстановке этого региона.

Сопоставление снимков, полученных в разных спектральных зонах, помогает более обоснованно дешифровать геологические объекты. Преимущество космических снимков перед обычными аэрофотоснимками заключается прежде всего в их большой обзорности: геолог видит на них не отдельные элементы той или иной структуры, а всю картину в целом.

На этом же снимке видны соотношения разрывов и складчатых деформаций, четко выделяются участки распространения меловых красцветных пород, толщи карбонатов и метаморфических сланцев, интрузивные массивы. В Алайской долине хорошо оконтуриваются различные комплексы молодых четвертичных отложений, в особенности древние морены.

На снимке района оз. Байкал хорошо выявляется гигантская тектоническая щель в земной коре, ограниченная рифтовыми разломами. Среди них не случайно особенно резко выделяется Приморский разлом, протянувшийся в виде пологой дуги почти на 250 км: вдоль этого молодого разлома установлены современные подвижки, сопровождаемые сейсмодислокациями. Целая система параллельных разрывов намечается и в пределах Приморского хребта. Особенно интересен залив Провал, возникший в прошлом веке в результате землетрясений и примыкающий к дельте Селенги. В устьевой части этой реки хорошо прослеживаются участки ее выносов. К северу от Байкала, в районе Приморского хребта, четко выделяются обширные пространства лиственничных и лиственнично-сосновых лесов, видны ленточные вырубки в виде параллельных полос.

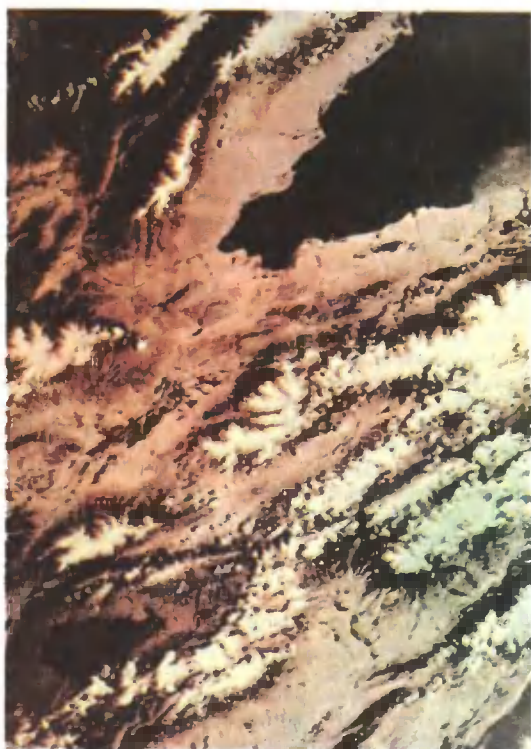
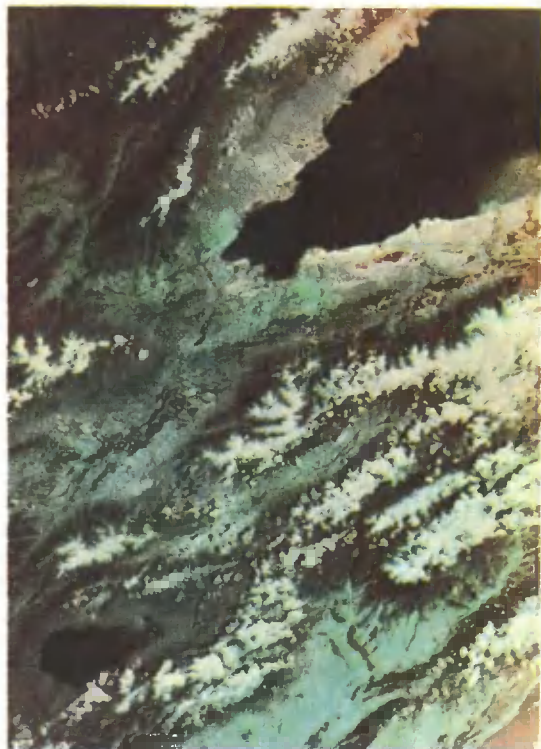
Исследования Земли из космоса только начали развиваться, и сейчас особое значение приобретает обработка ме-

тодов интерпретации полученных данных. В нашей стране существует около 50 научных полигонов. Во время полета «Союза-22» исследования на таких полигонах проводились синхронно на трех уровнях: космическом, авиационном (с применением аэрофотосъемки в тех же диапазонах) и наземном. Сопоставление результатов исследований, выполненных наземными партиями, с информацией из космоса позволит детально изучить особенности спектральных характеристик различных земных образований и природных явлений, систематизировать такие спектральные признаки, что в дальнейшем сделает возможным их автоматизированное обнаружение и точный анализ по данным космических съемок.

Преимущества космической съемки для нужд науки и народного хозяйства очевидны. С экономической точки зрения пятиминутная съемка территории с «Союза-22» равноценна двухлетней работе самолета со специальной аппаратурой и 80-летней — для наземной геодезической партии.

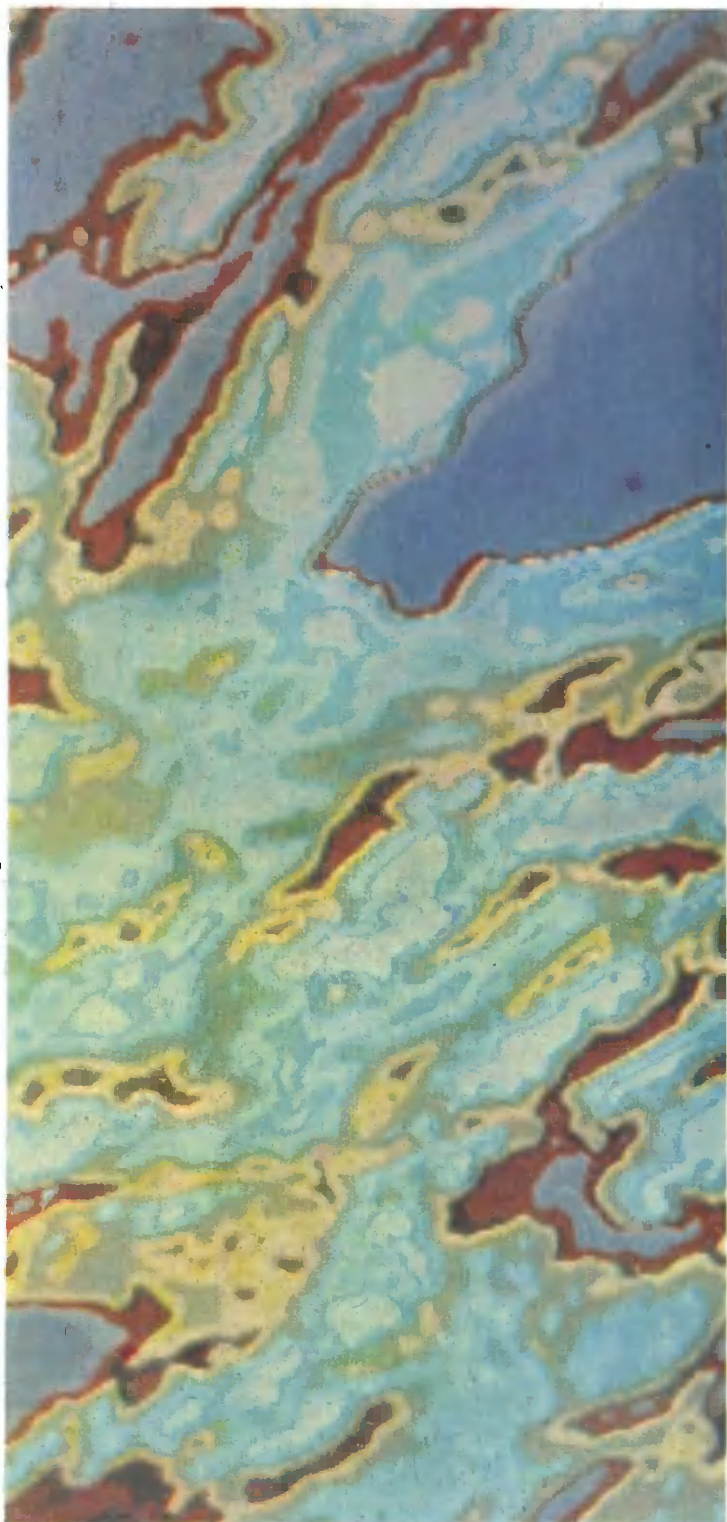
В. В. Иванов,
Е. Д. Сулиди-Кондратьев
Кандидаты геолого-минералогических наук

Научно-исследовательская лаборатория геологии зарубежных стран
Министерства геологии СССР
УДК 629.198.3



Снимки северных отрогов Тянь-Шаня, сделанные космонавтами П. И. Климуким и В. И. Севастьяновым с орбитальной станции «Салют-4». Фотографирование производилось синхронно в трех спектральных зонах. Разные цветные снимки получены путем оптического синтеза по трем исходным черно-белым изображениям, при этом изображения в одних и тех же зонах на разных снимках окрашены в разные цвета. Слева, сверху — изображение в зоне 500—600 нм дано зеленым цветом, 600—700 нм — красным, 700—840 нм — синим. Красно-коричневые тона соответствуют древесно-кустарниковой растительности, а также сельскохозяйственным культурам на орошаемых землях. Слева, внизу — изображение в зоне 500—600 нм дано красным цветом, 600—700 нм — синим, 700—840 нм — зеленым. Видны различия ландшафтов в зависимости от высоты местности. В этом варианте синтеза хорошо выделяется горная растительность: каждый розовый, красный и коричневый оттенок соответствует ее различным характеристикам. Справа, сверху — изображение в зоне 500—600 нм дано синим, 600—700 нм — зеленым, 700—840 нм — красным цветом. Четко выделяются почвы в межгорных впадинах. Справа, внизу — цветной снимок той же области.

Условное цветное изображение. Для его получения производится оптико-электронное квантование по определенным уровням оптических плотностей и цветовое кодирование этих уровней. Применяется для выявления специфических особенностей объектов. Цвета подчеркивают границы различных природных образований. (Фрагменты из «Образцов многозональной фотонформации, полученной с долговременной орбитальной станции «Салют-4». ГУГК, 1976.)



«Исчезнувшие народы». Скифы.

Д. Б. Шелов



Дмитрий Борисович Шелов, доктор исторических наук, заведующий отделом полевых исследований Института археологии АН СССР. Занимается историей и археологией античного Причерноморья. Монографии: *Монетное дело Боспора VI—II вв. до н. э.* М., 1956; *Танаис — потерянный и найденный город.* М., 1967; *Танаис и Нижний Дон в III—I вв. до н. э.* М., 1970; *Танаис и Нижний Дон в первые века нашей эры.* М., 1972; *Северное Причерноморье 2000 лет назад.* М., 1975. В «Природе» опубликовал статью «Нефть в античных амфорах» (1971, № 8).

Скифы занимают особое место среди многих племен и народов, обитавших когда-то на территории нашей страны и впоследствии исчезнувших. К их образу неоднократно обращались не только историки и археологи, но и поэты, художники. О них писали В. Брюсов и А. Блок, битву скифов со славянами изображал В. Васнецов. В поэтическом представлении скифы оказывались то нашими предками, то их ожесточенными противниками. Кем же были в действительности эти древние обитатели южнорусских степей? Для того чтобы ответить на этот вопрос, попытаемся обобщить известные современной науке данные.

Главные сведения о скифах нам дают археологические памятники Причерноморья. О них также сообщают и некоторые античные писатели и ученые. Особенно ценны сведения «отца истории» — великого греческого историка и географа Геродота, жившего в V в. до н. э. Геродот побывал в Северном Причерноморье, в Скифии, и посвятил описанию этой страны и ее жителей одну из книг своей «Истории». Он дает множество разнообразных и важных сведений о хозяйстве, быте, культуре, ритуалах скифских племен. Эти сведения можно проверить и по другим письменным источникам, и по археологическим материалам.

Замечательно, что чем глубже изучаются археологические памятники Скифии, тем больше поражает достоверность рассказов Геродота о жизни скифов, которые раньше вызывали сомнение и недоверие.

Скифы занимали обширные степные пространства Северного и Северо-Западного Причерноморья между Доном и Дунаем. Это была группа племен, несколько отличавшихся друг от друга условиями жизни и хозяйства, но родственных по культуре и языку. Геродот подчеркивает этническое единство всего скифского мира и четко отличает скифов от других народностей. Если наложить его карту Скифии на современную, то получится, что главное скифское племя жило на территории, ограниченной на западе современным Днестром, на севере — р. Конской и Донцом, на востоке — Доном, а южной границей окажется Черное море.

Но в античной литературе существовало и другое представление о Скифии, согласно которому скифами назывались все племена степной, лесостепной и даже лесной полосы Восточной Европы. Эта двойственность в определении границ Скифии существует и в современной науке: одни исследователи признают скифами только степные племена Причерноморья, другие распространяют это назва-



Скифия VI—III вв. до н. э. (по Д. Б. Шелову, 1975).

ние на многие племена и народности Восточной Европы и даже Азии, близкие скифам по культуре, но безусловно отличные от них по языку и происхождению.

Впрочем, происхождение скифов нам еще недостаточно ясно. Этим вопросом занимался уже Геродот. Он привел три легенды о появлении этого народа. Согласно одной из них, которой он сам больше всего доверяет, скифы пришли из

Азии и вытеснили из Причерноморья ранее обитавший здесь народ. По двум другим легендам, содержащим некоторые достоверные детали, скифы в Северном Причерноморье жили извечно. Содержание второй легенды Геродот описывает так: «По рассказам скифов, народ их — моложе всех. А произошел он таким образом. Первым жителем этой еще необитаемой тогда страны был человек по имени Таргитай. Родителями этого Таргитая, как говорят скифы, были Зевс и дочь реки Борисфена (Днепра.— Д. Ш.)... Такого рода был Таргитай, а у него было трое сыновей: Липоксаис, Арпоксаис и самый младший — Колаксаис. В их царствование на скифскую землю с

Сцены с изображением коней на Чертомлыцкой вазе.



Скиф на коне. Золотая бляшка из кургана Куль-Оба.





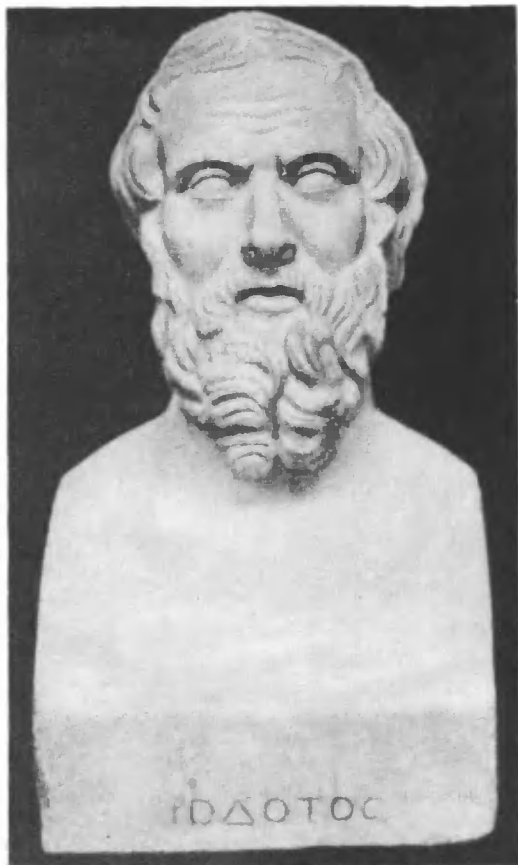
Изображение коня на пекторали из Толстой могилы.

неба упали золотые предметы: плуг, ярмо, секира и чаша. Первым увидел эти вещи старший брат. Едва он подошел, чтобы поднять их, как золото запылало. Тогда он отступил, и приблизился второй брат, и опять золото было объято пламенем. Так жар пылающего золота отогнал обоих братьев, но, когда подошел третий, младший брат, пламя погасло, и он отнес золото к себе в дом. Поэтому

старшие братья согласились отдать царство младшему»¹.

Третью легенду о происхождении скифов рассказывали Геродоту жившие в Причерноморье греки. По этой легенде, родоначальником скифов был герой греческой мифологии Геракл, который вступил в связь с полуженщиной-полузмеей, владевшей тогда еще пустынной Скифией. От этой связи родились три сына. Согласно завещанию отца, они должны были, возмужав, подвергнуться испытанию: попытаться натянуть тетиву на отцовский лук и по особому опоясаться

¹ Геродот. История. Л., 1972, с. 188.



Геродот (р. между 490 и 480 — умер ок. 425 до н. э.). Герма из Неаполя.

его поясом с золотой чашей на пряжке, как делал это сам Геракл. Только младший сын Геракла, Скиф, сумел выдержать это испытание. Он и стал родоначальником скифских царей, старших же братьев мать изгнала из страны².

Все эти легенды мало помогают решению вопроса о происхождении скифов; не дают прямого ответа на этот вопрос и археологические материалы. Большинство современных ученых на основании ряда косвенных данных считает, что основное ядро скифов Причерноморья составляли племена, пришедшие в конце VIII в до н. э. из Средней Азии, но что

при этом скифы ассимилировали какое-то другое население, жившее до них в Северном Причерноморье. Может быть, этим и объясняется версия о местном происхождении скифов в двух приведенных легендах.

Некоторые скифские племена, например, и племена каллипидов и алазанов, вели оседлую жизнь и занимались земледелием. По свидетельству Геродота и по данным археологических раскопок, они жили по берегам Нижнего Днепра и Южного Буга. Скифы-земледельцы возделывали пшеницу, ячмень, просо. Иногда они продавали выращенный ими хлеб греческому городу Ольвии, расположенному на берегу Днепро-Бугского лимана. По всем данным, земледелие скифов было плужным, хотя сами плуги пока не найдены. Однако вряд ли случайно упоминание золотого плуга и ярма в скифской легенде о происхождении народа. Геродот прямо называет одно из северопричерноморских племен скифами-пахарями. Хорошо известны скифские железные серпы, ямы-зернохранилища и каменные зернотерки, употреблявшиеся для размолва зерна на муку.

Большинство скифов вело кочевой образ жизни и занималось скотоводством. В частности, кочевниками были так называемые царские (правильнее было бы говорить — царственные) скифы, занимавшие господствующее положение среди других скифских племен и обитавшие в придонских и приазовских степях. Быт и культура этих кочевников, сильно отличающиеся от быта и культуры греков, привлекали особое внимание античных писателей. Мы также будем говорить главным образом о скифах-кочевниках как об основной группе скифских племен, определяющей общий облик скифской культуры.

Скифы появились на исторической арене как раз в то время, когда произошли два события, сыгравшие огромную роль в истории человечества.

Первым было освоение и распространение железа в качестве основного материала для изготовления орудий и оружия. Предшественники скифов пользовались еще бронзовыми орудиями. Хотя железо стало применяться в некоторых районах мира еще в середине II тыс. до н. э., всеобщее распространение оно получило в начале I тыс. до н. э. Овладение металлургией железа и использование железных орудий дало мощный стимул многим отраслям человеческой дея-

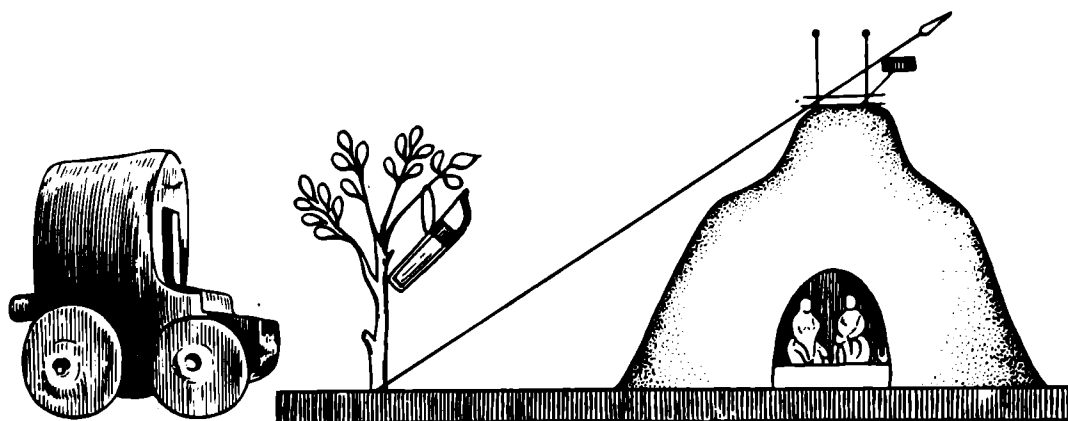
² Там же, с. 189.

тельности, так как железные орудия и инструменты много эффективнее, крепче и совершеннее бронзовых. Значительно расширились возможности земледелия, резко возрос удельный вес ремесла, оснащенного новыми железными инструментами; большое развитие получила техника военного дела.

У скифов все важнейшие орудия и все виды наступательного оружия, кроме наконечников стрел, делались из железа. При этом скифские ремесленники-металлурги не только умели получать железо

еще одно укрепление — акрополь, отгороженный дополнительными валами и рвами. Этот акрополь служил последним убежищем защитникам на случай, если враг овладевал остальной территорией поселения. Акрополь был в то же время наиболее богатой частью города, где жила скифская знать.

При раскопках Каменского городища были обнаружены остатки жилых домов и производственных помещений, сооруженных из деревянных столбов и плетней, которые обмазывались глиной. В до-



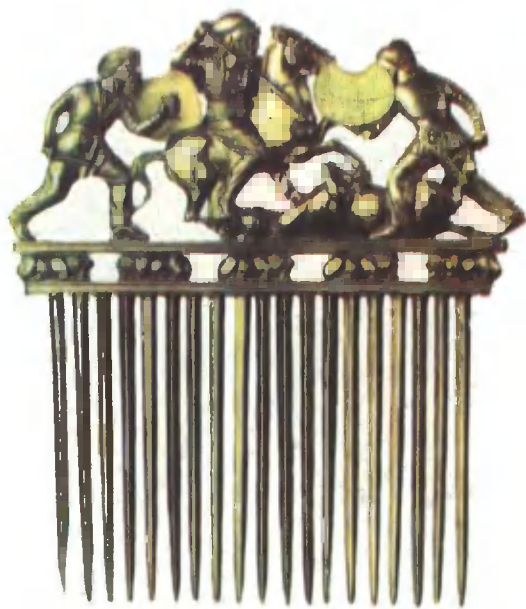
Глиняная модель скифской повозки (детская игрушка из глины). Скифская войлочная юрта (фреска из Керчи).

из руды и выковывать из него необходимые предметы, но и придавать изделиям определенные свойства путем большего или меньшего науглероживания железа, цементации, разных способов закалки, наваривания лезвия и т. п.

Крупнейшим ремесленным центром Скифии было укрепленное поселение, возникшее в конце V в. до н. э. недалеко от современного города Николая на левом берегу Днепра. Остатки этого населенного пункта образуют ныне так называемое Каменское городище. Оно имеет очень большую площадь — около 12 км², обнесено земляным валом и рвом. В древности по гребню вала шла кладка из необожженного сырцового кирпича. В южной части городища име-

мах найдено много орудий труда, украшений, посуды, оружия, принадлежавших жителям древнего города или выделывавшихся ими для продажи. Особенно важны многочисленные остатки металлургического производства — горны, тигли, железные и медные шлаки, куски руды, бракованные бронзовые и железные изделия и т. д. Этот древний город на Днепре был настоящим центром металлургического и металлообрабатывающего ремесла, прежде всего железоделательного, для всей приднепровской Скифии. Можно утверждать, что основным источником железной руды для скифских металлургов был Криворожский рудный бассейн.

Вторым всемирно-историческим событием, с которым связано появление скифов в восточноевропейских степях, было возникновение кочевого скотоводства. Эта форма хозяйства развивалась из пастушеского скотоводства и отличалась рядом специфических особенностей. Для кочевников, или номадов, евразий-



Сцена боя на золотом гребне из кургана Солоха



Скифские воины. Изображение на вазе из кургана Куль-Оба.

ских степей характерны прежде всего разведение скота как основной или даже единственный род хозяйственной деятельности, круглогодичное вностойловое содержание скота на подножном корму, регулярные сезонные перекочевки, в которых участвуют все члены социальной группы, отсутствие постоянных поселений, натуральное хозяйство, почти полностью обеспечивающее себя продуктами питания, одеждой, материалом для жилищ и пр. Подсобным способом добывания средств к существованию для кочевников обычно являлась охота.

Конечно, кочевники не могли полностью обходиться без продуктов земледелия, без изделий ремесленного труда и пр. Обычно номады приобретали эти необходимые, но отсутствующие у них самих продукты и изделия у соседних оседлых племен и народов иногда путем обмена, иногда в виде дани или с помощью прямого грабежа. Развитие номунизма предполагает существование контактов между кочевыми и оседлыми племенами, нередко в форме политического господства номадов над земледельческими районами. Господствующие в скифском обществе кочевники, прежде всего «скифы царские», также подчинили себе земледельческие племена Скифии и, кроме того, осуществляли постоянные (торговые, культурные) связи с греческими городами Северного Причерноморья, с соседними оседлыми народами в Европе и Азии — с фракийцами на Балканах, с меотами в Приазовье и др.

Необходимой предпосылкой развития кочевничества является географическая среда, способствующая выработке определенного хозяйственного уклада. Обширные безлесные пространства юга Восточной Европы и прилегающих районов Передней Азии как нельзя более подходили для хозяйства номадов. Покрываемые степной растительностью, достаточной для прокорма огромных табунов и отар, но неблагоприятные для развития примитивного земледелия, эти пространства были естественной ареной для дальних перекочевков и на многие века стали основной зоной степного кочевого скотоводства. Скифы были лишь первыми, но отнюдь не последними номадами южнорусских степей — после них в тех же районах кочевали сарматы и аланы, гунны и хазары, печенеги и половцы.

Нам довольно хорошо известны хозяйство, быт и внешний облик скифов-кочевников. Они изображены на драго-



Скифы-всадники на гривне из кургана Куль-Оба.

ценных ювелирных изделиях. Скифская аристократия очень любила украшать свой костюм, оружие, сбрую лошадей накладными пластинами из серебра, золота или электра (смеси золота с серебром). В быту богатых скифов широко использовались сосуды и украшения (браслеты, шейные обручи — гривны, нагрудники — пекторали, серьги) из драгоценных металлов. Значительная часть этих предметов выделялась в античных городах Северного Причерноморья греческими мастерами, которые, в соответствии с вкусами своих заказчиков, часто помещали на своих изделиях рельефные или скульптурные изображения скифов, сцены из скифского быта или скифского эпоса, выполненные очень живо и реалистично.

Благодаря этим изображениям, а также по антропологическим данным мы можем хорошо представить себе внешний вид скифов.

Скифы были людьми среднего роста и крепкого телосложения. «Да, скифы мы, да, азиаты мы с раскосыми и жадными очами» — этот поэтический образ, созданный А. Блоком, не соответствует действительности: как видно из антропологических материалов, никаких раскосых глаз и других монголоидных черт у скифов не было. Скифы — типичные европеоиды. По языку они принадлежали к североиранской группе. Из ныне существующих народов ближе всех к ним по языку стоят осетины — потомки сарматов, ближайших родственников скифов.

Скифы носили длинные волосы и бороду, одевались в кожаную, льняную, шерстяную или меховую одежду. Мужской костюм состоял из длинных штанов, заправленных в сапоги или носившихся на выпуск, и куртки или кафтана, подпоясан-



Сцена боя на обивке горита из кургана Солоха.

ного кожаным поясом. Этот костюм дополняли невысокие мягкие сапоги и войлочный башлык. Женская одежда известна очень плохо, вероятно, она состояла из длинного платья и верхней накидки. Одежду скифов обычно украшал орнамент скорее всего вышитыми узорами, иногда на одежду нашивались тонкие золотые бляшки. Помимо всего прочего скифы носили бусы, браслеты, перстни, серьги, височные подвески, нагрудные медальоны.

В сочинении «О воздухе, водах и местностях» (предполагают, что оно принадлежит перу знаменитого греческого врача и естествоиспытателя V в. до н. э. Гиппократ) так описан образ жизни скифов: «Называются они кочевниками потому, что у них нет домов, а живут они в кибитках, из которых наименьшие бывают четырехколесными, а другие — шестиколесными; они кругом закрыты войлоками и устроены подобно домам, одни с двумя, другие с тремя отделениями; они непроницаемы ни для дождевой воды, ни

для света, ни для ветров. В эти повозки запрягают по две и по три пары безрогих волов; рога у них не растут от холода. В таких кибитках помещаются женщины, а мужчины ездят верхом на лошадях; за ними следуют их стада овец и коров и табуны лошадей. На одном месте они остаются столько времени, пока хватает травы для стада, а когда ее не хватает, переходят в другую местность»³. При археологических раскопках в разных местах Северного Причерноморья находили глиняные игрушки в виде моделей четырехколесных крытых повозок-фургонов. Впрочем, у скифов были и войлочные переносные юрты — изображение такой юрты есть в росписи одной гробницы I в. н. э. в Керчи; о них же писал на рубеже нашей эры и греческий географ Страбон: «Кибитки номадов сделаны из войлока и прикреплены к повозкам, на которых они живут: вокруг кибиток пасется скот, мясом, сыром и молоком которого они питаются». Страбон писал также и о выборе мест для кочевания: «Они следуют за своими стадами, выбирая всегда местности с хорошими

³ Гиппократ. О воздухе, водах и местностях. — «Вестник древней истории», 1947, № 2, с. 296.

пастбищами — зимой в болотах около Меотиды, а летом — на равнинах»⁴. Страбон говорил это об одном из сарматских племен, но, очевидно, сезонные перекочевки скифов происходили в основном таким же образом: зимой — к югу, в устья больших восточноевропейских рек и к побережью Меотиды — Азовского моря. Кочевники не заготавливали кормов для скота, не знали стойлового его содержания и зимою должны были отыскивать такие районы, где был возможен выпас, прежде всего тебеневка лошадей.

Лошадь была главным и основным видом домашнего скота у кочевых скифов. Кочевник большую часть своей жизни проводил в седле. Владение лошадьми было важнейшим условием зажиточной жизни и социальной самостоятельности номада: люди, лишившиеся лошадей (например, во время эпизоотий или в результате вражеских набегов), не могли вести самостоятельного кочевого хозяйства, они должны были либо переходить к оседлому образу жизни, либо поступать в услужение к своим более обеспеченным сородичам. Скиф, лишившийся скота, терял и свое социальное лицо. Один древнегреческий автор пишет: «Не имеющий там повозки считается у них бесчестным».

Анализ остеологического материала из скифских памятников и древних изображений лошадей позволяет установить, что скифские лошади были по современным нормам сравнительно невелики ростом: высота в холке всего 130—140 см, но в то время они могли считаться довольно крупными, так как конские популяции были вообще значительно мельче современных. Зато скифские лошади были очень резвыми. Круглогодичное табунное содержание их на подножном корму делало их выносливыми и неприхотливыми. Высокие качества скифских лошадей были известны далеко за пределами Северного Причерноморья. Вот что пишет о них греческий писатель Арриан: «Их вначале трудно разогнать, так что можно отнести к ним с полным презрением, если увидишь, как их сравнивают с конем фессалийским, сицилийским или пелопонесским, но зато они выдерживают какие угодно труды; и тогда можно видеть, как тот борзый, рослый и горячий конь выбивается из сил, а это малорослая и шелудивая лошаде-



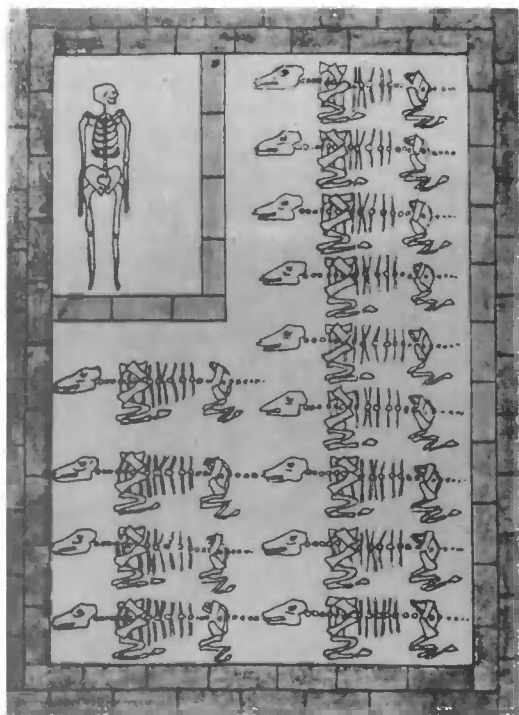
Бронзовый скифский котел и сковорода.

ка сначала перегоняет того, а затем составляет далеко за собой»⁵.

Когда Филипп II, отец Александра Македонского, разбил в 339 г. до н. э. скифского царя Атея, он захватил богатую добычу, в том числе 20 тыс. чистокровных скифских кобылиц, которые были отправлены по его распоряжению в Македонию для улучшения породы. Такие скифские лошади изображены на многих памятниках искусства, в том числе на большой серебряной вазе для вина из скифского царского кургана Чертомлык (IV в. до н. э.). Плечики этой вазы украшены двумя поясами рельефных изображений. На одном из них фантастические крылатые чудовища-грифоны с львиными телами и орлиными головами терзают оленей, на втором изображены пасущиеся лошади и скифы, ловящие их и стреноживающие. Лошади с жеребенком

⁴ Страбон. География. — «Вестник древней истории», 1947, № 4, с. 201.

⁵ Арриан. Об охоте. — «Вестник древней истории», 1948, № 1, с. 280.



Планы погребения лошадей в курганах № 2 и № 17 у станицы Воронежской.

представлены и на замечательной золотой пекторали из кургана Толстая могила, раскопанного на Украине в 1971 г. Лошади часто изображаются вместе со всадниками: на золотых бляшках из кургана Куль-Оба на рельефах из скифского Неополя и из Танаиса и др.

Впрочем, в Скифии встречались и лошади другой породы — более крупные, с тонкой красиво изогнутой шеей, высокими стройными ногами. Эти лошади напоминают современных ахалтекинцев; предполагается, что они попали в Причерноморье из Средней Азии. Такой конь под всадником изображен в настенной росписи одного из погребальных склепов в Неаполе. Скифы умели заботиться о породе своих коней, могли производить искусственное скрещивание или кастрацию их.

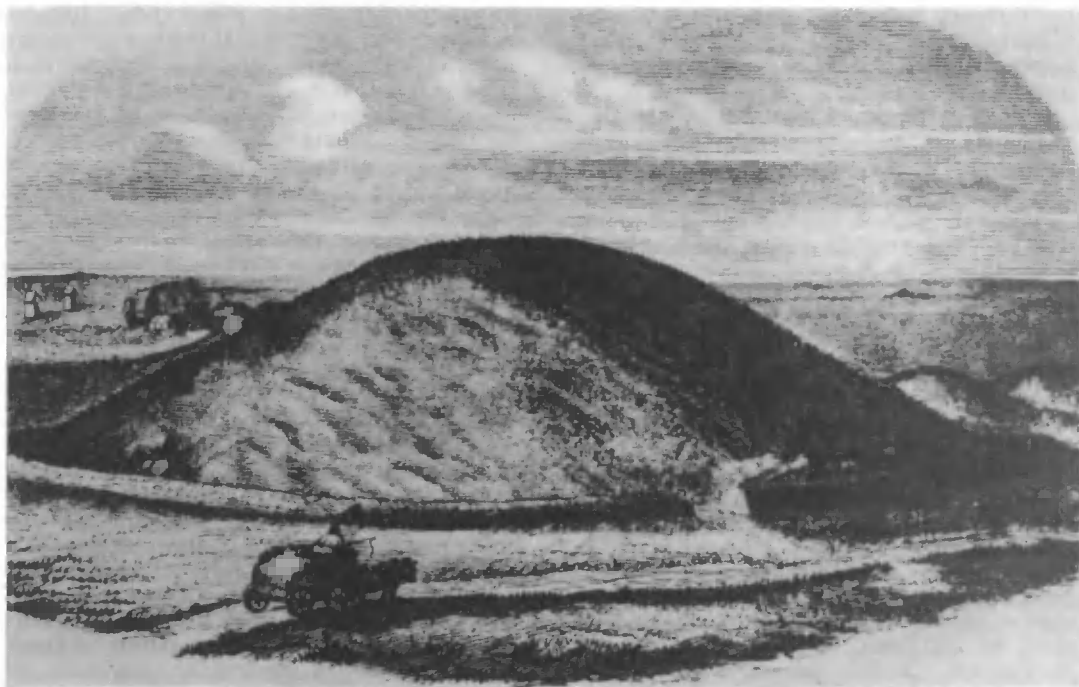
Лошадь была для скифа не только средством передвижения. Конина была основной мясной пищей. Конское мясо варили в больших бронзовых котлах, имевших высокий поддон и две ручки.

Кобылиц доили и из кобыльего молока изготавливали разные молочные продукты, в том числе иппану — особый вид сыра, о котором говорят многие греческие авторы. Еще Гомер называл кочевников Северного Причерноморья «доителями кобылиц» и «млекоедами». Так же характеризуют скифов и другие греческие авторы — Гесиод, Аполлоний Родосский.

Особо важную роль играла лошадь в военном деле. Каждый взрослый скиф был конным воином. Его основным оружием был небольшой лук со стрелами. В скифских погребениях найдено множество десятков и сотен бронзовых наконечников. Лук и стрелы скифы носили в особом футляре — горите, сделанном из дерева и кожи и иногда украшенном снаружи накладными серебряными или золотыми пластинами с рельефом. Горит привешивали к поясу с левой стороны. А на правом боку на поясе висел короткий железный меч — акинак в ножнах, тоже иногда украшенных накладными пластинами. Кроме того, скифы были вооружены дротиками или копьями с железными наконечниками; иногда в дело вступали боевые топоры-секиры и длинные прямые мечи. Скифские воины в полном вооружении, с горитами, копьями и мечами, изображены на многих ювелирных изделиях греческих мастеров — на электровом сосуде и на золотой гривне из кургана Куль-Оба под Керчью, на серебряном кубке из-под Воронежа, на серебряной чаше из Гаймановой могилы и на обивке горита из кургана Солоха на Украине.

В состав скифского войска входила и тяжеловооруженная конница. На всадниках иногда было защитное вооружение — бронзовые шлемы, панцири из железных или медных пластинок, нашитых на кожу, поножи. Эти предметы приобретались у греков, и употреблять их могла только скифская аристократия. На замечательном золотом гробне из уже упоминавшегося кургана Солоха представлена сцена боя, в которой участвуют один конный и два пеших, вернее спешившихся, скифских воина. На всаднике металлические шлем и панцирь греческой работы, пешие воины одеты в обычную скифскую одежду, они прикрываются плетеными щитами.

Греческие писатели не раз подчеркивали воинственность скифов, их отвагу и воинское мастерство. «Среди всех известных нам народов только скифы обладают одним, но зато самым важным для человеческой жизни искусством, — пишет



Царский курган под Александрополем. Вид до раскопок.

Геродот.— Оно состоит в том, что ни одному врагу, напавшему на их страну, они не дают спастись; и никто не может их настичь, если только сами они не допустят этого»⁶. Война была для скифов, как и для многих других кочевых племен, находившихся на той же ступени социального развития, постоянным и обязательным делом, источником значительных экономических выгод — она велась за захват пасбищ, скота, ценностей, пленников, продаваемых в рабство. С этим связаны и многие обычаи скифов: они пили кровь первого убитого ими врага, делали чаши из черепов злейших противников, украшали сбрую коня скальпами побежденных. Скифский воин чествовался в зависимости от числа убитых им врагов.

Поскольку основной силой скифского войска была легковооруженная конница, скифы в своих военных предприятиях использовали главным образом

тактику внезапных молниеносных налетов. Они не были привычны к регулярным военным действиям, к осаде и обороне укреплений. Они предпочитали совершенно другую систему ведения войны, которая особенно хорошо проявила себя в их войне с персами в VI в. до н. э.

Около 514 г. до н. э. персидский царь Дарий Гистасп предпринял большой поход в Скифию через северную часть Балканского полуострова. Персидская держава в то время была сильнейшим государством мира, персидский царь носил пышный титул «великого царя царей». Согласно Геродоту, персидское войско, двинувшееся против скифов, насчитывало 700 тысяч воинов и 600 боевых кораблей. 60 дней провел Дарий в Скифии. Скифы под предводительством трех царей, главным из которых был вождь царских скифов Иданфирс, уклонялись от решительного столкновения, отступали перед персами, опустошая оставленную землю, засыпая колодцы и постепенно увлекая неприятеля в глубь своей страны. Тактика эта увенчалась полным успехом. Оторвавшийся от своих баз, преследующий неуловимых скифов, которые то исчезали неизвестно куда, то совершали стремительные конные набеги на отдельные персидские отряды, Дарий вскоре понял, что

⁶ Геродот. Указ. соч., с. 198.

не сможет победить такого противника, и вынужден был уйти обратно за Дунай, бросив больных, раненых и обозы с имуществом.

Об определяющей роли лошади в хозяйстве и в быту кочевников свидетельствует и скифский погребальный ритуал: вместе с воином должны были похоронить и его коня. Правда, в могилах рядовых скифов кости коня нередко отсутствуют, но в таких случаях в погребении находят обычно конские удила и другие части конской сбруи, символически заменявшие коня, убивать и хоронить которого было слишком нерасчетливо. Зато в богатых могилах скифской аристократии скелеты лошадей при раскопках обнаруживаются обязательно, а в некоторых царских могилах, особенно в Прикубанье, число убитых и захороненных коней достигает многих десятков и даже сотен.

Кроме лошадей скифы-кочевники разводили крупный и мелкий рогатый скот — коров, овец, коз. Свиной скот кочевники не держали, но в земледельческих поселениях Скифии свиньи имелись. Для кочевого скотоводства больше всего подходили овцы, которые давали молоко, мясо, шерсть. На золотой пекторали из кургана Толстая могила изображен скиф, который доит овцу, используя в качестве сосуда для молока глиняный горшок. Другой скиф в привозной греческой амфоре, видимо, сбивает иппаку. Греки говорят, что из-за холодов у скифских быков и коров не было рогов. Как известно, комолость скота не зависит от климатических условий. И у скифов не все коровы были комолыми. На той же пекторали из Толстой могилы изображены короткорогие скифские коровы с телятами. Быки часто использовались в качестве тягловой силы. Их запрягали в кочевнические кибитки. Для этой цели быков кастрировали, получая рабочих волов. Земледельческие племена Скифии использовали волов и для плужной упряжки. Скифы знали и несколько пород собак, которых они держали, видимо, для охраны скота на пастбище и с которыми охотились на диких животных.

Общественная жизнь скифов в середине I тыс. до н. э. характеризуется распадом родо-племенных и появлением новых, классовых отношений. Во времена Геродота скифы еще жили отдельными племенами, во главе которых стояли вожди (Геродот называет их царями). Однако из их племен уже выделились наи-

более сильные — царские скифы, подчинившие себе другие племена и собиравшие с них дань. Причем подвластные скифы должны были поставлять не только продовольствие и скот, но и определенное количество людей, которые становились слугами царей и племенной знати.

Скифы применяли в хозяйстве и рабский труд. Об этом прямо говорит Геродот. Правда, во времена Геродота да и позднее рабство не достигало у скифов сколько-нибудь развитых форм и не являлось основой производственных отношений. В условиях кочевого быта оно могло играть лишь второстепенную роль. Основными производителями оставались рядовые свободные члены племени. Сравнительно незначительное развитие рабовладения у скифов подтверждается и сообщениями Геродота о том, что у них не было покупных рабов (ими становились только военнопленные) и что существовал обычай ослеплять рабов и приносить их в жертву богу войны. Все эти признаки характерны для неразвитого рабовладения.

В VI—V вв. до н. э. в скифском обществе была значительная имущественная дифференциация: общественные богатства скапливались в руках немногих представителей родо-племенной знати, владевшей пастбищами и огромными табунами, драгоценной утварью и рабами. Имущественное расслоение можно проследить по материалам погребений. Рядовых скифов хоронили обычно в простой земляной могиле, клали с ними лишь предметы личного вооружения — лук со стрелами, копья, меч, ставили один-два глиняных горшка с едой и питьем. Над погребением насыпали невысокий могильный холмик — курган.

Совсем иными были погребения скифских царей и знати. Гробницы их — сложные земляные, деревянные или каменные сооружения, над которыми воздвигались огромные курганные насыпи, достигавшие подчас высоты современного шестизэтажного здания. Насыпали такой курган все члены племени или даже нескольких племен. В погребениях под этими курганами находят большое количество золотых и серебряных вещей: сосуды, украшения, оружие, а также бронзовые котлы, зеркала и множество других изделий. Именно из богатых царских курганов происходят те шедевры греческого и скифского ювелирного искусства, которые украшают теперь залы Государственного Эрмитажа в Ленинграде, Исто-

рического музея в Москве, Музея исторических драгоценностей в Киеве и др.

В богатых скифских курганах вместе с остатками царского погребения нередко находят скелеты убитых наложниц, конюхов, оруженосцев и других слуг, сопровождавших царя в его загробное путешествие. Иногда ими были рабы, иногда же свободные люди, составлявшие свиту царя, что доказывается имеющимся при них оружием. Об убийстве воинов на царской могиле рассказывает и Геродот. Убитых юношей сажали на чучела коней и расставляли таких «всадников» вокруг могилы.

Дань, которая взималась с других скифских и нескифских племен Северного Причерноморья и эксплуатация своих обедневших соплеменников, вынужденных пасти и охранять царские табуны и стада, объезжать коней, доить скот способствовали усилению экономической и политической мощи скифских царей и аристократии. Эта эксплуатация и давала скифской знати те излишки продуктов, которые она могла обменивать на привозные драгоценные изделия и предметы роскоши, известные по раскопкам богатых скифских курганов.

Скифы установили постоянные торговые и политические связи с греческими рабовладельческими городами-государствами, существовавшими с VI в. до н. э. на северном побережье Черного моря: Тирой в устье Днестра (ныне Белгород-Днестровский), Ольвией на Бугском лимане, Херсонесом (на месте современного Севастополя) и Феодосией в Крыму, городами Боспорского царства, лежавшими по обоим берегам Керченского пролива и группировавшимися вокруг столицы этого царства Пантикапеи (современная Керчь). Скифы продавали грекам скот, кожи и другие продукты скотоводства, пушнину, невольников, а земледельческие племена Скифии, вероятно, и хлеб, мед, воск. От греков скифы получали драгоценные металлы и металлические изделия, некоторые предметы вооружения, керамическую посуду, дорогие ткани и другие предметы роскоши. Но основной статьей ввоза в Скифию было вино. В богатых скифских курганах обычно встречаются греческие глиняные сосуды из-под вина — амфоры. Но вино могли перевозить и в кожаных мешках-бурдюках. На серебряной чаше из кургана Гайманова могила изображен скиф с бурдюком вина.

Сами скифы, даже земледельцы,

винограда не выращивали и вина не делали, но они научились у греков употреблять вино и вскоре превзошли в этом своих учителей. В отличие от греков, всегда разводивших вино водой, скифы пили вино неразбавленным и вскоре выражение «пить по-скифски» стало у греков синонимом невозддержанного пьянства. Об этом же обычает упоминает и А. С. Пушкин:

Что же сухо в чаше дно?

Наливай мне, мальчик резвый,

Только пьяное вино

Раствори водою трезвой.

Мы не скифы, не люблю,

Други, пьянствовать бесчинно:

Нет, за чашей я пою

Иль беседую невинно.

В современной науке нет единого мнения о времени создания скифского государства. Некоторые исследователи полагают, что государственная власть существовала у скифов уже в VI в. до н. э., другие видят первое государственное объединение скифов в державе царя Атея, сложившейся в середине IV в. до н. э., третьи относят возникновение скифской государственности к еще более позднему времени — к III—II вв. до н. э., когда основной территорией скифов стал степной Крым, а их столицей — Неаполь на Салгире. Но к этому времени скифы уже утратили свое господствующее положение в северочерноморских степях, ибо с большей части их территории скифов вытеснила новая волна кочевников — сарматы, пришедшие из задонских и заволжских степей. И хотя скифское государственное объединение продолжало существовать в Крыму и Нижнем Поднепровье еще и в первые века н. э., такого расцвета и подъема скифской культуры, какой наблюдался в V—IV вв. до н. э., оно уже никогда не достигало. Впоследствии скифы совершенно растворились и ассимилировались в среде новых пришельцев в южнорусские степи — сарматов, аланов, готов — и перестали существовать как особое этно-культурное образование. Только название Скифии долго еще продолжало употребляться в средневековой Западной Европе для обозначения не только степной территории Причерноморья, но и всей Восточной Европы, занятой в то время другим, главным образом славянским населением.

Шаги сравнительной планетологии

А. Т. Базилевский



Александр Тихонович Базилевский, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории сравнительной планетологии Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Специалист по геологии и геохимии планет Солнечной системы.

Что происходило на Земле 4 млрд лет назад? Это не праздный вопрос. Попытки понять закономерности образования земной коры — вместилища минеральных ресурсов — уводят нас к тем началам геологической истории Земли, о которых еще совсем недавно мы почти ничего не знали. Геологи читают летопись событий по свойствам горных пород известного возраста. Но большинство пород земной коры имеет возраст менее 2 млрд лет, и лишь в немногих местах известны породы возрастом около 3—3,5 млрд лет. В то же время изотопная геохимия говорит нам, что Земля образовалась около 4,5 млрд лет назад. Кажется, нет никакой надежды узнать, что же происходило на Земле в первый миллиард лет ее существования.

Но недавно «молчаливый миллиард» заговорил. Заставила его заговорить новая область научного знания — сравнительная планетология. Многие геологи и геохимики занимаются сравнительным анализом свойств планет Солнечной системы. Одна из научных организаций, разрабатывающих эту проблему, — наша лаборатория сравнительной планетологии, организованная в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Результаты исследований ла-

боратории и положены в основу этой статьи.

Сравнительная планетология опирается, в основном, на результаты космических исследований, и в первую очередь на результаты изучения Луны. Оказалось, что на поверхности Луны в почти неизменном виде находятся образования с возрастом 3,5; 4 и даже 4,5 млрд лет. В этих образованиях запечатлены следы странных событий. Чтобы разобраться в них, нам придется кратко рассмотреть особенности геологического строения Луны.

ГЕОЛОГИЯ ЛУНЫ

Не взирая на этимологическое несоответствие (гео — Земля) в применении к Луне, мы будем пользоваться терминами «геология», «геоморфология», «геохимия», а не «селенология», «селеноморфология» или «селенохимия». Дело в том, что терминология, возникшая при развитии наук о Земле, четко определяет объект исследований и методический подход к изучаемому явлению. Опыт изучения других планетных тел показывает, что этот подход переносится на новые небесные тела без существенного изменения и формальное этимологическое несоответствие приносит меньше не-



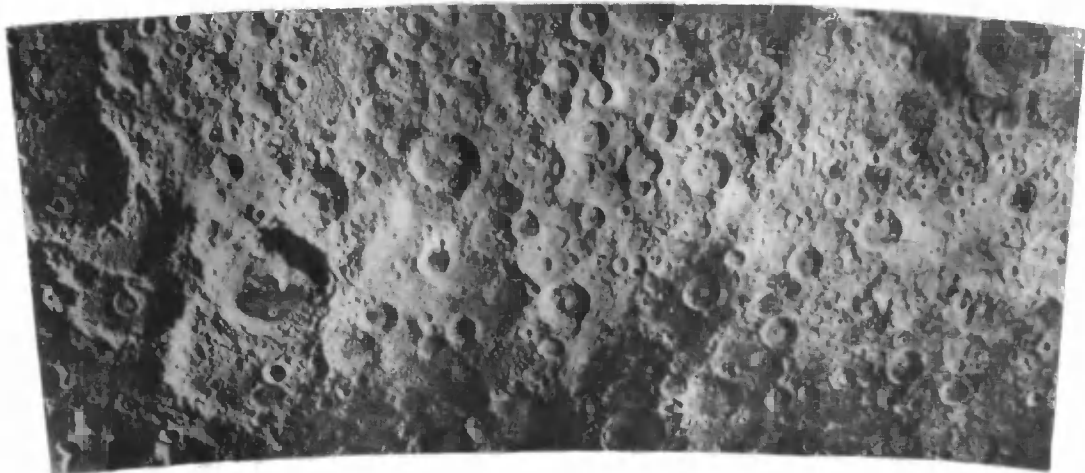
Вид лунного диска в телескоп в полнолуние, север — вверх. Снимок Астрономической обсерватории Харьковского государственного университета. Темные области на снимке — лунные моря, светлые — материки.

удобств, чем множество новых терминов, значение которых достаточно неопределенно и быстро меняется по мере развития методов исследований.

На Луне имеются два основных типа крупных геологических структур, выделенных еще в астрономический этап изучения лунной поверхности, — так называемые материки и моря. Материки представляют собой относительно светлые об-

ласти с неровным рельефом поверхности, возвышающиеся над прилегающими равнинами более темных лунных морей в среднем на 1—2 км. Материки как геологические структуры древнее морей и имеют более широкое распространение — они занимают около 85% лунной поверхности. В расположении морей и материков на Луне наблюдается резко выраженная асимметрия. Моря сосредоточены в пределах полушария, обращенного к Земле, занимая здесь около 30% площади, а на обратном полушарии Луны их совсем мало (всего 3%).

Поверхность материков выглядит очень специфично. Она испещрена большим количеством кратеров диаметром в десятки и сотни километров, на кото-



Типичный ландшафт материковых областей Луны, север — сверху. Один из участков невидимой с Земли стороны Луны, сфотографированный автоматической станцией «Зонд-8». Фотомонтаж выполнен Г. А. Бурбой. Размеры участка 600×1500 км. В левой части изображения, несколько южнее осевой полосы фотомонтажа, виден кратер Эйкен диаметром около 150 км с центральной горкой на дне. Большинство крупных кратеров материковой поверхности Луны образовались 3,8—4,4 млрд лет назад, в этап интенсивной «метеоритной» бомбардировки.

рые, в свою очередь, наложены кратеры более мелкого размера. Наиболее хорошо сохранившиеся кратеры обладают признаками образования за счет ударов при метеоритной бомбардировке¹ лунной поверхности. Главные из этих признаков — радиально-концентрические поля выбросов со специфическим бугристым рельефом поверхности, равномерно-случайное распределение кратеров по площади в пределах одновозрастных поверхностей и «безразличие» к геологическому строению местности, на которую кратеры накладываются. Более древние кратеры, частично разрушенные, в той или иной степени утратили признаки своего происхождения, но по анало-

гии со свежими кратерными формами большинство из них также можно отнести к ударно-взрывным образованиям.

Исследование образцов лунных пород, доставленных на Землю с помощью автоматических и пилотируемых космических аппаратов, дало нам новые сведения о природе материков Луны и подтвердило ударное происхождение большинства лунных кратеров. Оказалось, что материковые породы представлены брекчиями, т. е. они состоят из обломков других пород, «сцементированных» мелко перетертой и частично расплавленной обломочной массой. Обломки пород и минералов в брекчиях несут на себе признаки интенсивного ударного изменения. В них обязательно присутствует микропримесь метеоритного вещества. Исходным материалом для обломков в брекчиях послужили породы анортозит-норит-троктолитовой серии², которые, судя по имеющимся в них следам первичных структур, кристаллизовались из расплава. Это сближает их с обычными магматическими породами Земли. Среди образцов материковых пород обнаружены также обломки высокоглиноземистых базальтов и специфических базальтов, обогащенных калием, редкоземельными элементами и фосфором. Происхождение материковых базальтов Луны до сих пор не выяснено. Они могут быть эндогенны-

¹ Мы по традиции говорим о «метеоритной» бомбардировке лунной поверхности, хотя, вероятно, часть падающих на Луну тел представлена несколькими, не полностью твердыми кометоподобными образованиями, а наиболее крупные из падавших на Луну тел правильнее называть астероидами.

² Анортозит — горная порода, состоящая из минерала анортита (кальциевого полевого шпата), норит состоит из полевого шпата и ромбического пироксена, троктолит — из полевого шпата и оливина.



Поверхность Моря Дождей, сфотографированная при очень низком положении Солнца над горизонтом (север — вверх; Солнце на востоке — раннее утро). Фотомонтаж снимков «Аполлона-17». Протяженность сфотографированной территории с севера на юг около 100 км. За счет косого освещения рельефность деталей поверхности резко усилена. В верхней части снимка видны лавовые потоки. Большая протяженность потоков при незначительном (~1:1000) уклоне местности свидетельствует о высокой текучести лавы и интенсивном поступлении ее на поверхность. В нижней части снимка видны грядообразные возвышенности («морские гряды») и линейные понижения («борозды»). Вулканический по своей природе рельеф лунных морей в основном сформировался 3,1—3,8 млрд лет назад, в «морской» этап эволюции Луны. Видимые на снимке многочисленные кратеры образовались позднее (в послеморской этап) и имеют ударное, невулканическое происхождение.

ми, т. е. возникшими под действием внутренних собственно лунных сил, или экзогенными, т. е. продуктами плавления, возникшими при ударном кратерообразовании.

Важная геохимическая особенность материковых пород Луны — их сильно дифференцированный (вплоть до чистых анортозитов) характер и ярко выраженные признаки формирования в сильно восстановительных и очень «сухих» условиях. В них обычно присутствуют самородное железо, ничтожно малое количество трехвалентного (окисного) железа; нет минералов, содержащих воду и углекислоту. Резкий дефицит летучих компонентов в материковых породах Луны лишний раз говорит о том, что кратерооб-



Фрагмент панорамы «Лунохода-2», полученный около Борозды Прямой — тектонического провала шириной до 500 м и глубиной до 60 м, который рассекает морскую равнину дна кратера Лемонье и протягивается в меридиональном направлении на 6 км. В прибрежковой части борозды слой реголита выклинивается и на поверхность выходят базальтовые лавы морского типа. Слева видна антенна «Лунохода-2» и укрепленная на ней панель с фотометрическими марками для определения отражательной способности различных деталей поверхности. В левом верхнем углу снимка, между изображением антенны и черным небом Луны, видна полого-волнистая, как бы «сморщенная» поверхность горного кольца вала кратера Лемонье.

разующие взрывы имели здесь экзогенную невулканическую природу.

Доставка лунных образцов позволила также определить абсолютный возраст этих пород. При определении абсолютного возраста пород выяснилось, что на ранней стадии развития Луны произошли события, имевшие для этой планеты, видимо, глобальное значение. Одно из них — химическое разделение исходного, первично однородного вещества Луны, происшедшее 4,4—4,6 млрд лет назад. Второе — сильный перегрев и даже частичное плавление материкового вещества Луны (3,9—4,1 млрд лет назад). Образцы, анализ которых позволяет сделать такой вывод, были взяты в различных областях Луны из зон выбросов некоторых гигантских кратеров. Поэтому возникло предположение, что второе из этих событий могло быть связано с падением на Луну ряда очень крупных кратерообразующих «метеоритных» тел в течение довольно короткого промежутка времени.

Дифференцированный состав пород материковой коры и их глубокая древность определенно указывают, что разделение слагающего Луну вещества с выделением материковой полевошпатовой коры произошло уже в самом начале существования Луны как планетного тела — 4,4—4,6 млрд лет назад. Указанный временной интервал этого этапа отражает не столько его длительность (он может быть существенно меньшим), сколько степень неопределенности нашего знания.

Эта дифференциация захватила по крайней мере верхние несколько сотен километров тела Луны. Механизмом разделения обычно считают расплавление вещества Луны (или ее внешней зоны) и последующую фракционную кристаллизацию с всплыванием более легких (полевой шпат) и погружением более тяжелых (оливин, пироксен) кристаллов.

Проведенные в нашей лаборатории теоретические разработки и модельные эксперименты указывают на возможность разделения вещества Луны за счет иного механизма — разогрева при высокоскоростных ударах, вызывающего плавление и избирательное испарение. Независимо от того, каким образом происходила дифференциация, сам факт раннего обособления вещества лунной материковой коры сейчас твердо установлен.

Кратерный рельеф лунных материков и высокая степень ударного изменения материковых пород указывают на то, что в истории Луны существовал этап интенсивной метеоритной бомбардировки. Временные границы этого этапа (4,4—3,8 млрд лет) до некоторой степени



Типичный ландшафт равнин лунных морей. Фрагмент панорамы «Лунохода-1». Западная часть Моря Дождей. Поверхность древних базальтовых лав в послеморской этап была изрыта многочисленными «малыми» кратерами, выбросы из которых образуют чехол рыхлого обломочного материала — реголита. Кратер в центре снимка имеет около 1,5 м в диаметре.

терами диаметром в десятки километров и более, то на морских равнинах характерные размеры насыщающих поверхность кратеров не превышают десятков и первых сотен метров, а более крупные кратеры относительно редки. В подавляющем большинстве случаев образование кратеров морских равнин с процессами образования самих морей никак не связано. Кратеры здесь, подобно кратерам на материках, обычно представляют собой наложенные ударно-взрывные формы, но образовались они в более поздний этап истории Луны — послеморской.

Базальты лунных морей по общему характеру химического и минерального состава, структурам и формам залегания в целом схожи с базальтами Земли. Как правило, лавовые равнины морей приурочены к днищам гигантских древних кратерообразных форм, хотя иногда (Океан Бурь) такая приуроченность не очевидна. Важно подчеркнуть, что эти гигантские, вероятно ударные, кратеры в ряде случаев заполнились лавами морского типа лишь через сотни миллионов лет после образования самих кратеров. Это следует из определений абсолютного возраста и подтверждается подсчетами плотности наложенных кратеров.

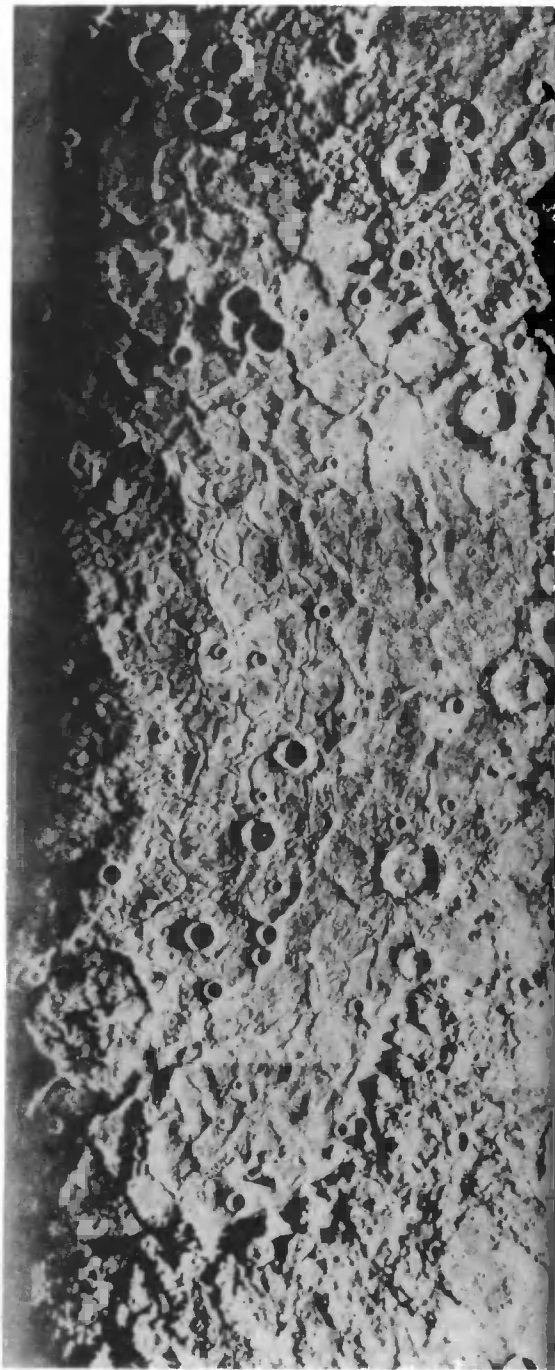
По ряду важных признаков лунные базальты заметно отличаются от земных. Так же как и породы материков, они резко обеднены трехвалентным железом, водой и углекислотой, что свидетельствует о крайне восстановительном и сухом характере магмы. Учитывая это, вероятно, можно говорить о потере летучих соединений Луной на самых ранних стадиях

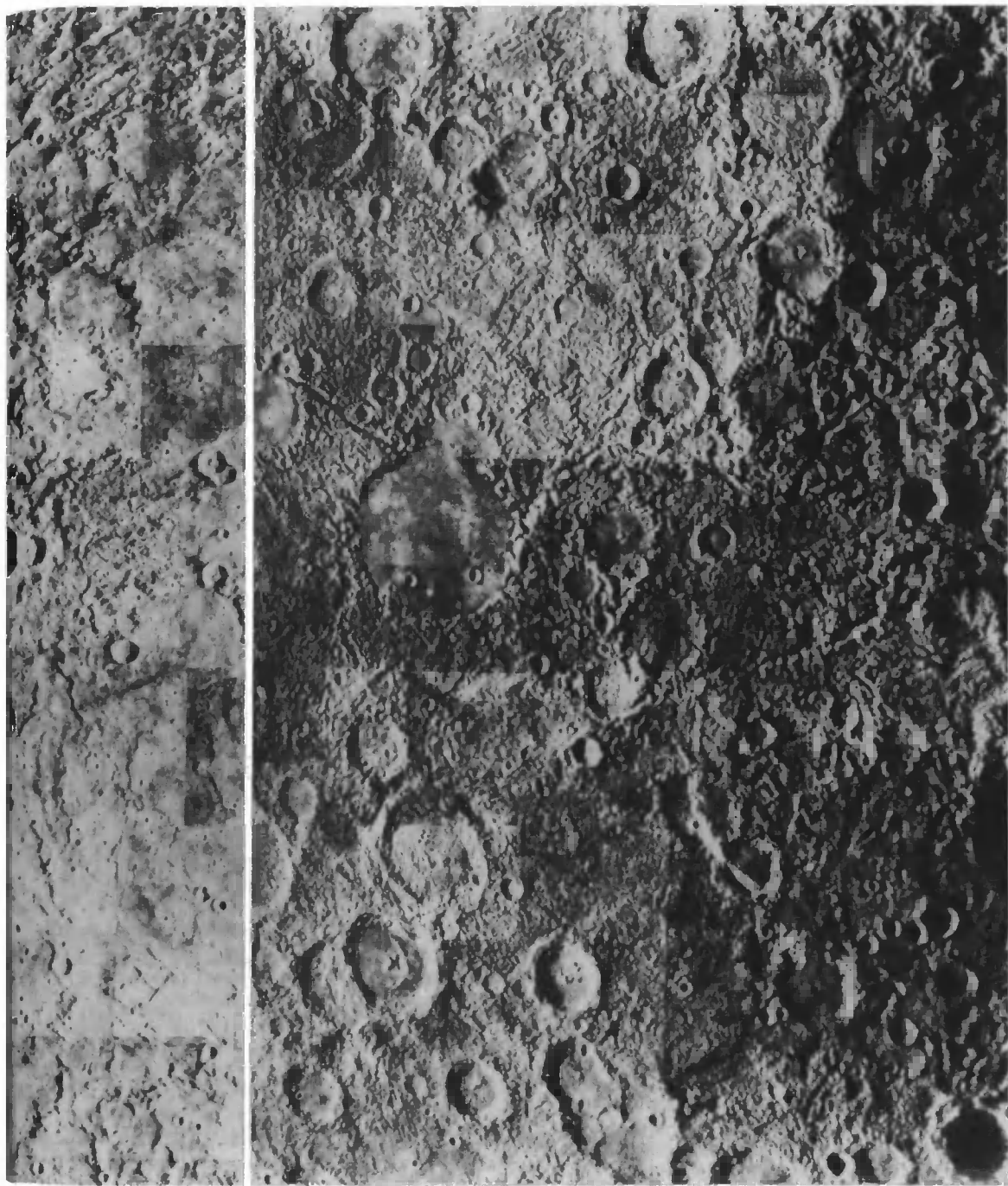
условны. Неясно, было ли у этого этапа четко выраженное начало (4,4 млрд лет) или же он представляет собой непосредственное продолжение процесса аккреции протопланетного вещества в планетное тело Луны. Окончанием этого этапа считается время появления массовых, безусловно эндогенных, излияний вулканических лав, заполнивших лунные моря. В это же время происходит резкое уменьшение потока падающих на Луну метеоритных тел.

ЛУННЫЕ МОРЯ

Теперь надежно установлено, что лунные моря представляют собой вулкано-генные лавовые (базальтовые) равнины, приуроченные к понижениям материковой поверхности. Их более молодой по сравнению с материками возраст был выявлен еще в результате наземных телескопических наблюдений. Поверхность морей тоже испещрена кратерами, но если материковая поверхность «насыщена» кра-

Изображения участков поверхности Меркурия. Фотомонтажи снимков, полученных космическим аппаратом «Маринер-10», север — вверх. На левой фотографии изображена крупнейшая кратерообразная форма Меркурия — Бассейн Калорис (Жары) диаметром около 1300 км. Размеры территории на снимке — 1100×1400 км. Вал бассейна Калорис на фотографии виден в виде полукольца возвышенностей, протягивающегося из верхнего угла снимка через центр в левый нижний угол. Днище бассейна Калорис представляет собой равнину, во многих отношениях похожую на моря Луны. На правой фотографии изображен участок материковой поверхности Меркурия размером 800×1100 км, расположенный антиподально Бассейну Калорис. По насыщенности крупными кратерами и оптическим свойствам поверхности этот участок похож на материковые области Луны. Материки и моря Меркурия так же, как и аналогичные структуры Луны, сформировались на очень ранних этапах развития планет Солнечной системы.





ее существования. Это предположение геохимик К. П. Флоренский высказывал еще до получения лунных образцов.

Изучение морфологии лавовых потоков в лунных морях и результаты экспериментов по плавлению лунных пород позволяют считать характер излияний очень жидких базальтовых лав спокойным и, очевидно, указывают на малую роль взрывных вулканических явлений. С базальтовыми равнинами лунных морей связаны некоторые характерные формы рельефа, в основном вулканического и тектонического происхождения: уступы застывших лавовых потоков, куполовидные возвышенности, извилистые и прямолинейные борозды, а также кулисообразные системы грядовых возвышенностей — так называемые морские гряды. Изредка на поверхности морей выявляются вулканические аппараты: кратеры-жерла, обычно неправильной формы, и образования типа шлаковых конусов.

Возраст затвердевания базальтовых лав в морях, определенный с помощью калий-аргонового, рубидий-стронциевого и уран-торий-свинцового методов, укладывается во временной интервал 3,1—3,8 млрд лет. По результатам подсчетов плотности кратеров на некоторых наиболее хорошо сохранившихся лавовых потоках возраст отдельных проявлений базальтового вулканизма оценивается в 2—2,5 млрд лет.

Таким образом, 3,8—3,1 млрд лет назад недра Луны были весьма активны. Они поставляли на поверхность базальтовую лаву, которая, застывая, образовала равнины лунных морей. Возможно, в ослабленном виде магматическая активность имела место еще 2 млрд лет назад. Эти события соответствуют особому, «морскому» этапу геологической истории Луны, в течение которого определяющую роль в эволюции лунной поверхности играли эндогенные процессы разогрева и плавления недр Луны. В течение этого этапа резко уменьшилась интенсивность метеоритной бомбардировки. Хотя кратеры, образовавшиеся в это время, встречаются, особенно на материках, довольно часто, роль ударного кратерообразования в формировании облика поверхности была второстепенной.

ПОСЛЕМОРСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

В послеморской этап на лунной поверхности возникли главным образом лишь малые (диаметром менее 1—2 км)

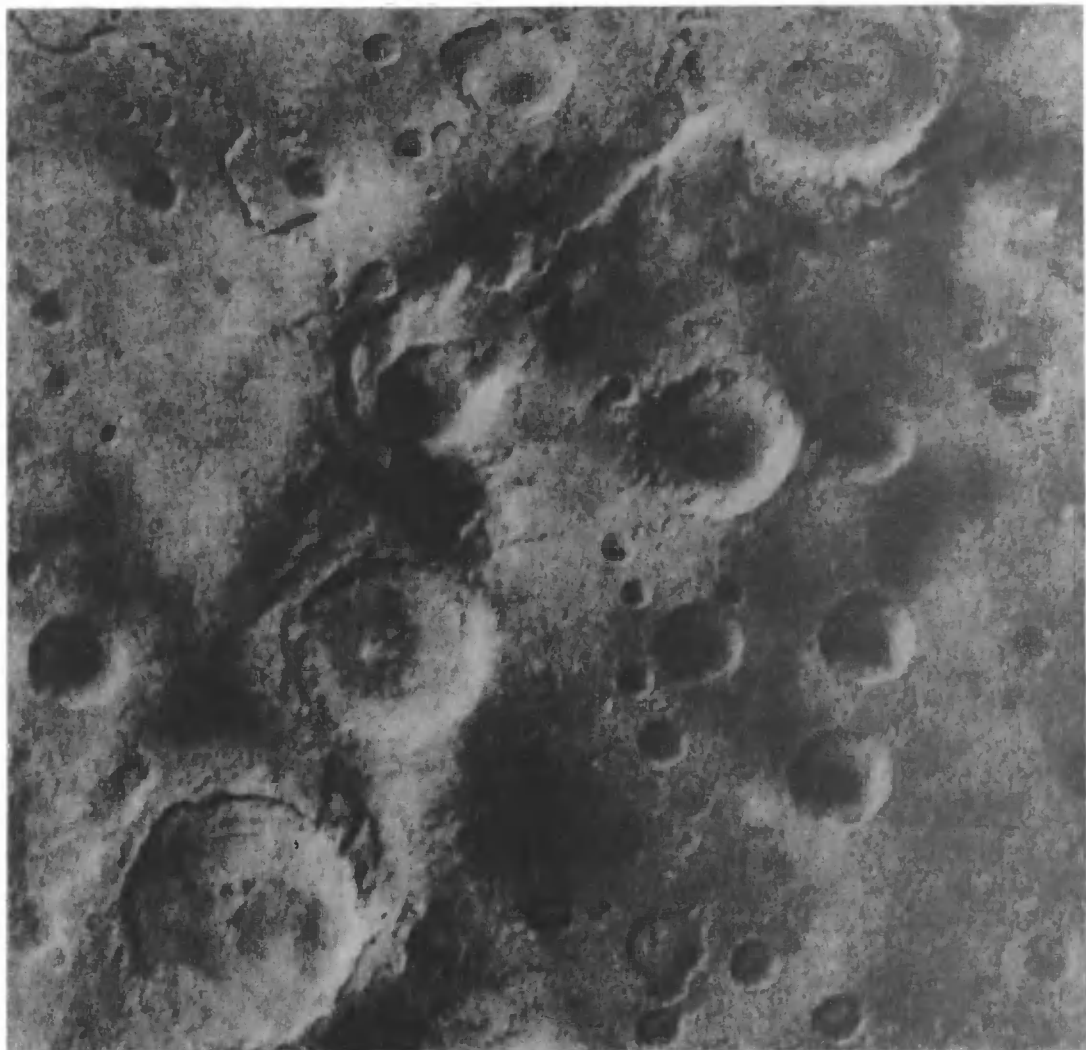
ударно-взрывные (метеоритные) кратеры, выбросы из которых образуют чехол реголита³, покрывающий скальные лунные породы на морях и материках. Более крупные послеморские кратеры довольно редки и изменяют облик лунной поверхности локально. Несмотря на это, некоторые из них (например, кратеры Коперник или Тихо, относительно молодые и неплохо сохранившиеся) помогают понять происхождение крупных кратерных структур не только на Луне, но и на других планетных телах земной группы. Какие-либо достоверные некратерные образования для послеморского периода нехарактерны.

В послеморской период истории Луны интенсивность процессов преобразования ее поверхности становится крайне низкой, и кратеры даже небольшого размера могут сохраняться необычайно долго. Сопоставляя по фотографиям степень разрушенности некоторых послеморских кратеров с датировками возраста их выбросов, нам удалось выявить зависимость времени существования кратеров от величины их диаметра. Оказалось, что, например, кратер диаметром 100 м будет существовать на поверхности Луны около 250 млн лет — время, за которое на поверхности Земли уничтожаются целые горные страны.

Магматическая активность на поверхности Луны в послеморское время заметным образом не проявлялась. Видимо, очаги магнеобразования, действовавшие в этап формирования морей, в это время уже остыли. Судя по результатам сейсмических наблюдений, современная эндогенная активность Луны сосредоточена на глубинах 800—1000 км. Отзвуки ее доходят до поверхности лишь в виде очень слабых лунотрясений (0,5—1,3 балла по шкале Рихтера). В таких условиях даже слабая по абсолютной интенсивности метеоритная бомбардировка оказывается главным фактором переработки лунной поверхности.

Таким образом, анализ строения лунной поверхности показывает, что наблюдаемый сейчас облик Луны формировался в четыре этапа, отличающихся друг

³ Реголит — покров рыхлых отложений любого генезиса, покрывающий коренные скальные породы. Термин предложен в XIX в., однако популярность в земной геологии не получил и неожиданно обрел вторую жизнь в геологии Луны и других планетных тел.



Участок материковой поверхности Марса, сфотографированный автоматической станцией «Марс-5». Размер территории $\sim 600 \times 600$ км, север — сверху. По насыщенности крупными кратерами этот участок похож на материковые области Луны и Меркурия. Кратерный рельеф этого участка сформировался в этап интенсивной метеоритной бомбардировки. В левом верхнем углу снимка видна извилистая «долина», вероятно, водозернонного происхождения. Это образование более поздних этапов развития планеты Марс.

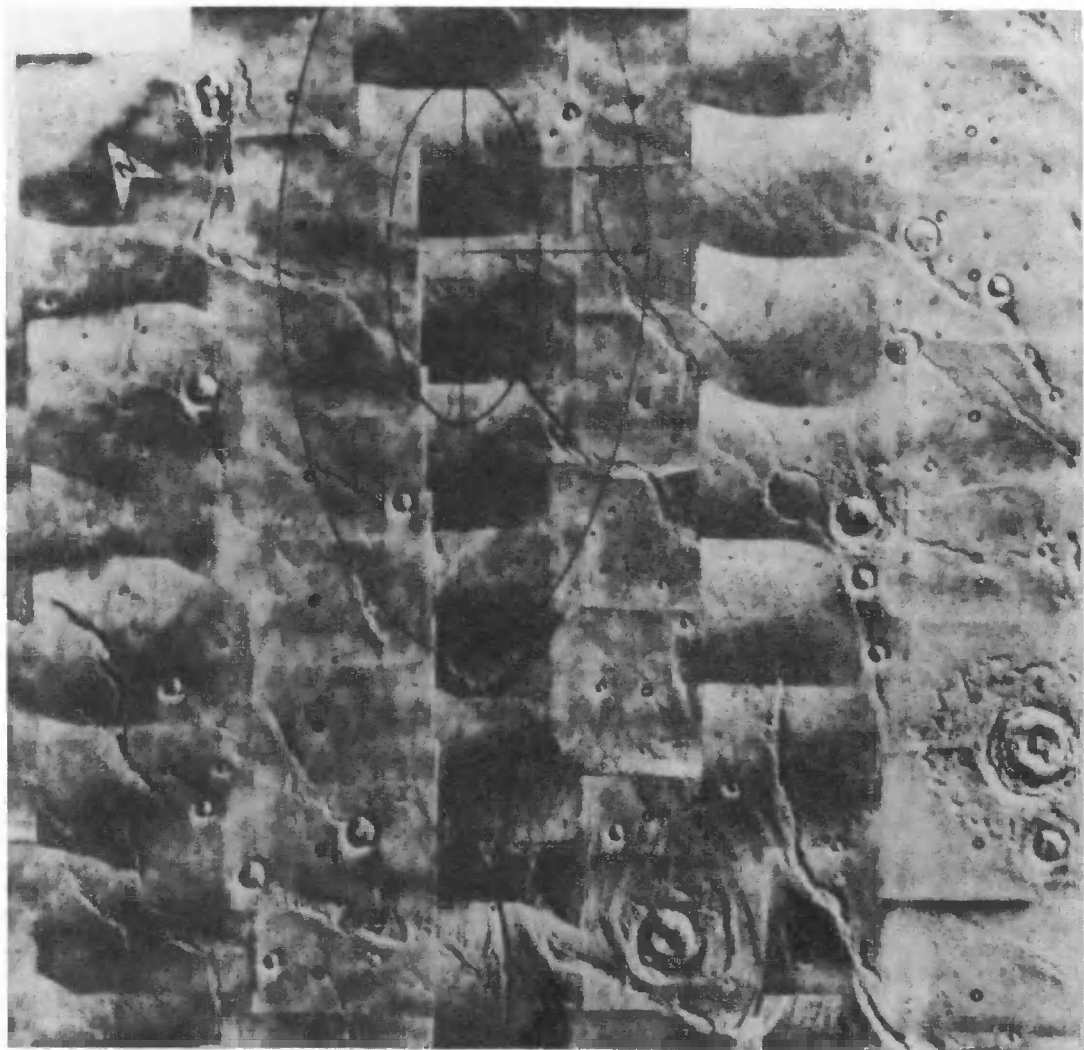
от друга по характеру ведущих процессов:

этап первый: 4,6—4,4 млрд лет назад. Образование полевошпатовой материковой коры в процессе магматической дифференциации или дифференциации вещества при ударном разогреве;

этап второй: 4,4—3,8 млрд лет назад. Глубокая переработка материковой коры под воздействием интенсивной метеоритной бомбардировки;

этап третий: 3,8—3,1, может быть до 2 млрд лет назад. Образование равнин лунных морей в процессе эндогенного базальтового вулканизма;

этап четвертый: 3,1 (2,0?) млрд лет назад — настоящее время. Переработка материковых и морских образований под



Фотомонтаж снимков морского района марсианской поверхности, полученных орбитальным отсеком аппарата «Викинг-1». Размер территории $\sim 250 \times 300$ км. В этом районе совершил посадку спускаемый отсек «Викинга-1». Центр эллипсов, видимых в верхней половине фотомонтажа, соответствует точке прицеливания при посадке. Считается, что с вероятностью 99% посадка произошла где-то в пределах территории, ограниченной большим (внешним) эллипсом. Рельеф района посадки, напоминающий рельеф морей Луны, сформировался в этап магматической активности Марса и впоследствии подвергнулся переработке под воздействием метеоритной бомбардировки [кратеры].

воздействием слабой метеоритной бомбардировки.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДРУГИХ ПЛАНЕТНЫХ ТЕЛ

При сравнительно-планетологическом анализе сходные черты развития выявились также и на других планетных телах земной группы, которые по размерам, массам, средней плотности и положению в Солнечной системе родственны друг другу. В эту группу, кроме Луны и Земли, входят еще Меркурий, Венера и Марс.

Признаки раннего и достаточно полного разделения планетных тел на оболочки с обособлением коры типа мате-

риковой коры Луны выявляются при анализе изображений Меркурия и Марса.

Интенсивная метеоритная бомбардировка поверхности планетных тел в ранние этапы их истории совершенно достоверно установлена для Меркурия, Марса и спутников Марса — Фобоса и Деймоса. В последнее время крупные (диаметром 35—160 км) сильно разрушенные кратеры также обнаружены при радиолокации с Земли отдельных участков поверхности Венеры.

Массовые излияния лав, сходные с процессами заполнения лавами морей Луны, установлены для Меркурия и для Марса. Масштабы и время этого процесса, вызванного внутрипланетными причинами, по-видимому, индивидуальны для каждого планетного тела.

Слабая ударная переработка как ведущий процесс изменения облика поверхности возможна лишь в отсутствие атмосферы, а потому в чистом виде присуща еще только Меркурию. На других планетах земной группы этот процесс подчинен другим, более мощным экзогенным процессам.

Таким образом, ранние этапы развития Луны, Меркурия, Марса и Венеры оказываются сходными. Это сходство дает возможность получить некоторые сведения о ранних этапах истории Земли.

Первый этап — этап раннего и относительно быстрого разделения на оболочки — претерпели и Луна, и Меркурий, и Марс, несмотря на их меньшие, по сравнению с Землей, размеры, а значит, и меньшие энергетические возможности. Логично думать, что разделение Земли на оболочки — мантию, кору, гидросферу, атмосферу — также произошло в этот, самый начальный этап развития Земли. Более того, относительно большие размеры Земли позволяют думать о более эффективном разогреве, а значит, о более ранней и, может быть, более полной дифференциации. К такому, отнюдь не общепринятому выводу неизбежно приводят данные сравнительной планетологии, которые учитывают историю развития других планетных тел. В рамках единственно возможных до недавних пор в геологии представлений, опиравшихся только на информацию о земных, относительно молодых образованиях, процесс дифференциации Земли считался постепенным и сильно растянутым во времени.

Следы второго этапа, этапа интенсивной метеоритной бомбардировки, мы видим на всех планетных телах земной

группы, за исключением Земли. Но мы знаем, что Земле присуща исключительно высокая интенсивность процессов переработки поверхности, и неизменные приповерхностные образования с возрастом более 3,5 млрд лет на Земле просто не сохранились. В этих условиях естественно предположить, что этап интенсивной бомбардировки был и на Земле, но видимые следы его ныне стерты.

Так, данные сравнительно-планетологического анализа заставили заговорить молчавший первый миллиард истории Земли. Делаются попытки найти достоверные следы ранних этапов развития Земли на самой Земле⁴. Однако не все «лунные» структуры на Земле описаны и проанализированы должным образом. Это задача будущих геологических исследований. Но уже сейчас сравнительная планетология говорит нам, что надо искать следы ранней дифференциации и интенсивной «метеоритной» бомбардировки.

Итак, геология планетных тел земного типа переживает сейчас этап бурного развития. Уже накоплено большое количество фактического материала, который требует обобщения. Становится очевидным, что геология различных планетных тел (в том числе и геология Земли) не может развиваться изолированно и что путь к успеху — это сравнительно-планетологический анализ. На этом пути пока еще больше вопросов, чем ответов, но те ответы, которые мы уже сейчас получаем, очень важны.

⁴ Павловский Е. В. Историко-геологический аспект проблемы гранитов. — «Природа», 1977, № 2.

9-я Международная конференция по квантовой электронике

А. Н. Оравский

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

Международные конференции по квантовой электронике, созываемые раз в два года (по четным годам), представляют собой крупнейшие форумы ученых, работающих в области лазеров и их применений. Основное направление этих конференций — обсуждение результатов поисковых и исследовательских работ, а не инженерных и технологических разработок. Инженерные и технологические разработки в области лазеров рассматриваются на конференциях по инженерии и применению лазеров, созываемых по нечетным годам. Конференция является индикатором того, в каком направлении были сосредоточены усилия исследователей в последние два года и какова тенденция исследований в ближайшее время. 9-я Международная конференция по квантовой электронике проходила с 14 по 18 июня 1976 г. в Амстердаме.

На конференции были представлены результаты исследований практически по всем основным разделам создания, исследования и применения лазеров: лазерному разделению изотопов, лазерной химии, лазерной спектроскопии, лазерному управляемому термоядерному синтезу, оптоэлектронике, нелинейной оптике, новым лазерным материалам и новым типам лазеров. Однако не все направле-

ния были представлены равномерно. Если объединить в один раздел лазерное разделение изотопов и лазерную химию — направления, имеющие много общих точек соприкосновения, то этот раздел, пожалуй, можно считать фокусом прошедшей конференции.

Лазерное разделение изотопов — направление, связанное с поиском новых эффективных методов выделения редких изотопических модификаций элементов, основанных на использовании лазеров. Интерес к этой проблеме понятен, так как редкие изотопические модификации атомов широко используются в науке и технике. Прежде всего это энергетика.

Расширение использования атомных урановых реакторов на медленных нейтронах требует увеличения производства урана-235, имеющегося в природе в виде малой примеси к урану-238. Удешевление этого производства сулит большие экономические выгоды. Реакторы на быстрых нейтронах могут работать на природном уране-238, но требуют для своей работы, например, редкий изотоп азота ^{15}N , который при современном методе производства стоит очень дорого. С потребностями энергетики связано и получение тяжелой воды или дейтерия.

Расширение применения редких изотопов в промышленности и научных исследованиях также требует более дешевого их производства. Применение лазеров обещает резкий прогресс в совершенствовании технологии производства изотопов. Не вдаваясь в детали описания различных методов

лазерного разделения изотопов, отметим, что все они в конечном счете связываются с избирательным воздействием лазерного излучения на атомы или молекулы выделяемого изотопа¹. Таким способом можно получить возбужденные атомы или молекулы только одной изотопической модификации. Поскольку возбужденные частицы по своим свойствам отличаются от невозбужденных, этим обстоятельством и можно воспользоваться для выделения нужного изотопа. Отсюда вытекают те проблемы, которые следует решать. Во-первых, следует выбрать наиболее эффективный способ и условия возбуждения; во-вторых, подобрать процесс, который позволит отделить возбужденные атомы или молекулы от невозбужденных. Поскольку изотопическое изменение частоты сравнительно мало, необходимо точно знать частоты резонансных переходов в молекулах и атомах и подобрать лазерное излучение подходящей частоты. Это уже задачи для лазерной спектроскопии и создателей лазеров нового типа.

Конференция показала, что наибольшее число исследователей склоняются к методу, основанному на быстрой диссоциации молекул путем резонансного воздействия мощного лазерного излучения на колебательные-степени свободы молекул. Этот метод предложен ранее советскими иссле-

¹ Летохов В. С. Лазер управляет селективными химическими реакциями. — «Природа», 1974, № 8.

дователями и проверен на примере разделения изотопов серы путем воздействия импульсного излучения CO_2 -лазера ($\lambda=10,6$ мкм) на молекулы SF_6 . Но практически наиболее интересная проблема — применить этот метод к разделению изотопов урана путем воздействия лазерного излучения на молекулы UF_6 . Для этого нужно лазерным излучением с длиной волны около 16 мкм воздействовать на сильно охлажденные молекулы UF_6 — ниже 100 К. В противном случае тепловое движение молекул (вращение их) «смазывает» эффект избирательного воздействия на молекулы, содержащие нужный изотоп урана — ^{235}U . При таких температурах UF_6 — единственное соединение урана, газообразное при комнатной температуре, затвердевает. Проблему удалось решить, создавая разреженную сверхзвуковую струю молекул UF_6 . Поток молекул UF_6 глубоко охлаждается за счет разгона до сверхзвуковых скоростей, но из-за разреженности и разбавления гелием сконденсироваться не успевает. В этом случае лазерное селективное воздействие и выделение компонентов с нужной изотопической модификацией урана удается провести достаточно быстро.

Для разработки эффективного метода разделения изотопов урана на этой основе необходим, как уже указывалось, лазер, дающий излучение в области 16 мкм. В течение двух последних лет испытывались различные методы создания источника когерентного излучения в области 16 мкм. Но даже в случае успеха в получении когерентного 16-микронного излучения применяемые методы не позволяли создать такой лазер, который допускал бы масштабное увеличение от лабораторного макета до промышленной установки. Конференция показала, что в этом направлении сделан решительный шаг вперед. Рядом исследовательских групп созданы лазеры, генерирующие 16-микронное излучение, в которых используются колебания молекулы углекислого газа

CO_2 . Но если в хорошо известном CO_2 -лазере, генерирующем излучение в области 10 мкм, применяются асимметричные колебания молекулы CO_2 , то излучение 16-микронного диапазона удалось получить, возбуждая изгибные колебания этих молекул. Лазер допускает создание установок промышленного масштаба.

Таким образом, в области лазерного разделения изотопов урана конференция указала путь от научных идей и лабораторных достижений в промышленности. Это, конечно, не означает, что проблема разделения изотопов себя полностью исчерпала, интенсивные исследования в этой области продолжают.

Лазерная химия — область применения лазеров для инициирования химических процессов. В течение последних шести лет с момента установления фотохимического действия инфракрасного лазерного излучения² лазерная химия развивается в направлении инициирования химических реакций путем резонансного воздействия на колебательные ступени свободы молекул. Методы лазерного разделения изотопов, основанные на селективности химических процессов, происходящих под действием лазерного излучения, составляют одну часть исследований по лазерной химии.

Другие определяющие проблемы лазерной химии связаны с синтезом и технологией производства химических соединений. Для этих проблем характерна не изотопическая избирательность, а избирательность в возбуждении различных степеней свободы. Важно возбудить такой комплекс степеней свободы молекулы, чтобы обеспечить ее максимальную химическую активность в отношении определенной химической реакции при наименьших затратах лазерной энергии. С технологической точки зрения выгодны

относительно высокие давления реагентов — в сотни Тор и более. При таких давлениях столкновения между молекулами играют решающую роль в образовании химически активных центров под действием лазерного излучения.

Резюмируя доклады в области лазерной химии, представленные на конференции, следует отметить резкое увеличение сторонников «столкновительной» точки зрения, согласно которой путем резонансного возбуждения колебаний в молекуле лазерным излучением можно достичь значительного запаса энергии в колебательных степенях свободы, намного превышающего энергию поступательных степеней в условиях больших концентраций реагирующих частиц. Эта точка зрения, рожденная в значительной степени трудами советских ученых, по-видимому, определит развитие лазерной химии на ближайшие годы.

Научный и практический интерес представляют эксперименты по инициированию химической реакции молекулы ICI с молекулой $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_2$ путем воздействия на молекулу ICI видимым излучением лазера на красителе. Практический интерес проведенного эксперимента состоит в том, что путем подбора частоты лазера оказывалось возможным получить продукты реакций, обогащенные определенным изотопом хлора (до 97,5%). Научный интерес к этому результату обусловлен тем, что это одна из немногих работ, где четко продемонстрирована химическая активность возбужденного электронного состояния молекулы.

Исследователями из ФРГ при изучении реакции молекулы BCl_3 с $\text{B}(\text{CH}_3)_3$ обнаружено, что количество прореагировавших молекул BCl_3 зависит от частоты излучения CO_2 -лазера, применяемого для инициирования реакции. При этом оказалось, что частота, отвечающая максимальному выходу продуктов реакции, не совпадает с резонансной частотой поглощения молекулой BCl_3 излучения CO_2 -лазера. Этот результат нахо-

² Басов Н. Г., Меркин Е. П., Ораевский А. Н., Пократов А. В. Лазеры в химии. — «Природа», 1973, № 5

дится в согласии с результатами советских исследований, показавших, что резонансная частота поглощения молекулой лазерного излучения зависит от его интенсивности.

Конференция показала, что в настоящее время **лазерная спектроскопия** превратилась в мощный инструмент для научных и практических применений. Разработано большое количество перестраиваемых лазеров в видимой и инфракрасной областях спектра, с очень узким спектром излучения (уже $3 \cdot 10^{-5}$ см⁻¹). Многие из них начали выпускаться серийно рядом фирм. Выпускаются и полностью укомплектованные спектрально-измерительные приборы, в которых излучатель — перестраиваемый по частоте лазер. Такой прогресс в технике значительно умножил возможности исследователей.

Удалось расшифровать тонкую и изотопическую структуру спектров молекул SF₆ и UF₆. Результаты имеют важное значение для решения проблемы разделения изотопов и ряда других областей применения.

Явление вынужденного комбинационного рассеяния было использовано для создания спектроскопического метода, позволяющего анализировать спектры веществ, находящихся в виде малой примеси к другим веществам.

Чтобы проследить механизм развития химического процесса, в том числе и под действием лазера, необходимо анализировать частицы (молекулы, радикалы), которые представляют собой промежуточные продукты реакции, живут очень короткое время и исчезают в результате последующих превращений. Лазерная техника позволила разработать методику исследования короткоживущих радикалов, основанную на импульсном комбинационном рассеянии. Чувствительность метода — $8 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

Оптоэлектроника — направление исследований, связанное с применением лазеров для обработки информации, создания систем связи и счетно-решающих устройств. Опти-

электронные системы в первую очередь создаются на основе полупроводниковых лазеров — самых миниатюрных и весьма эффективных³. Один из решающих параметров лазеров, применяемых в оптоэлектронных устройствах, — надежность. Конференция показала, что в настоящее время достигнут большой прогресс в технологии полупроводниковых лазеров: срок их службы превышает 10 тыс. ч. Передачу информации с помощью лазерного луча наиболее удобно осуществлять, направляя лазерное излучение по специальному волноводу, сделанному из хорошо прозрачных материалов. Основная проблема — затухание лазерного сигнала в таком волноводе обусловлена недостаточной чистотой материала и совершенством структуры волокна. На конференции сообщалось о создании усиливающего волокна. Волокно было изготовлено из стеклообразного материала, несущего название итриево-алюминиевый гранат, активированный неодимом⁴. Волокно подсвечивалось светом полупроводникового диода-излучателя, подобного полупроводниковому лазеру, но работающего не в режиме генерации, а в режиме спонтанного излучения. Это очень интересное достижение, открывающее новые, более широкие возможности применения волоконных световодов.

На конференции обсуждались возможности создания **новых типов лазеров**.

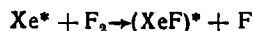
Прежде всего следует отметить повышенное внимание участников конференции к вопросу генерации когерентного излучения оптического диапа-

зона электронными пучками. С такими лазерами связываются надежды создания мощных эффективных излучателей, частота которых может перестраиваться в огромном интервале частот — от инфракрасного до ультрафиолетового диапазона.

Участники конференции услышали о первом серьезном успехе в этой области: удалось усилить слабый сигнал CO₂-лазера за счет энергии электронного пучка, распространяющегося в периодическом магнитном поле. Конференция показала, что одно из наиболее интенсивно развивающихся направлений — лазеры на основе благородных газов (криптона, ксенона), возбуждаемых мощным электронным пучком.

Возбужденный атом криптона или ксенона за счет столкновения с электроном может излучить энергию в виде ультрафиолетового кванта, переходя в основное состояние. Лазеры на этом переходе сделать не удастся, так как за счет электронного удара нельзя получить в возбужденном состоянии атомов больше, чем в основном. Но оказывается, что возбужденный атом благородного газа может вступить в реакцию с невозбужденным атомом и образовать возбужденную молекулу. Молекула благородных газов может существовать только в возбужденном состоянии; в невозбужденном она очень быстро распадается. Таким образом, удается создать значительное превышение возбужденных молекул над невозбужденными и получить генерацию мощного ультрафиолетового излучения.

Впервые такие лазеры были созданы в СССР на основе чистых благородных газов. Но оказалось, что, если в качестве партнера к благородному газу добавить молекулы галогенов Cl₂ или F₂, возбужденный благородный газ вступает в реакцию с галогеном, образуя возбужденный галогенид. Например,



(звездочкой обозначен возбужденный атом или молекула).

³ Крохин О. Н. Оптические квантовые генераторы на полупроводниках. — «Природа», 1963, № 5; Ораевский А. Н. Полупроводниковые квантовые генераторы. — «Природа», 1964, № 9.

⁴ Этот материал до сего времени изготавливался в виде стержней и использовался для создания лазеров обычного типа.

Возбужденный галогенид используется для получения лазерного излучения ультрафиолетового диапазона.

Смеси благородных газов с галогенами оказались предпочтительнее чистых благородных газов. Доклады на конференции подвели двухлетний итог развития этого нового направления. На конференции сообщалось о лазерах с энергией в импульсе до 100 Дж. Это пока рекорд для лазеров этого типа. Мощные лазеры на галогенидах благородных газов с накачкой электронным пучком планируется использовать прежде всего для лазерного управляемого термоядерного синтеза.

Лазерный термоядерный синтез⁵ — бесспорно одна из самых интересных областей применения лазеров — был представлен на конференции относительно скромным числом докладов, не пропорциональным его месту в современных исследованиях. Такое положение обусловлено тем, что вслед за 9-й конференцией по квантовой электронике были запланированы две конференции: одна из них специально посвящена лазерному управляемому термоядерному синтезу (Париж, октябрь 1976 г.), другая — конференция Международного агентства по атомной энергии (ФРГ, октябрь 1976 г.), где лазерному термоядерному

синтезу отводится большое место.

Конференция изобиловала большим количеством интересных результатов по многим другим направлениям квантовой электроники, о которых сколько-нибудь подробно в короткой заметке сказать невозможно. Поэтому ограничимся их перечислением.

На конференции обсуждались результаты весьма успешных поисков новых материалов для преобразования частоты лазерного излучения (область нелинейной оптики), для записи галлограмм, для создания твердотельных лазеров. Работала небольшая секция, посвященная применению лазеров в биологии. Было экспериментально продемонстрировано резкое замедление обмена энергией между колебательными и поступательно-вращательными степенями свободы молекул при низких температурах. Так, например, оказалось, что колебательно-возбужденные молекулы жидкого азота сохраняют свое возбуждение почти минуту, в то время как при комнатной температуре и давлении в одну атмосферу время жизни колебательного возбуждения азота — тысячные доли секунды. Интересные результаты достигнуты в микроскопии за счет применения лазеров.

Выставка лазерного оборудования демонстрировала промышленный уровень квантовой электроники. Заметно расширение ассортимента лазеров и приборов на их основе, выпускаемых промышленными фирмами.

Конференция показала, что применение лазеров в различных областях способно революционизировать традиционные исследования, приводя подчас к возникновению новых направлений: лазерная химия, лазерное разделение изотопов, оптоэлектроника. Расширение применений лазеров не уменьшило интереса к поиску новых лазерных систем. Однако акцент этих поисков сместился в область создания лазеров с экстремальными параметрами. Прошли те времена, когда рукоплескали лю-

бому новому типу лазеров. Теперь интерес проявляется к тем направлениям поисков, которые открывают возможности существенного улучшения характеристик лазеров.

УДК 621.375.9

⁵ Басов Н. Г. Лазерный термоядерный синтез — состояние и перспективы. — «Природа», 1976, № 10; Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г., Гамалий Е. Г., Крохин О. Н., Розанов В. Б. Прогресс в физике лазерного термоядерного синтеза. — «Природа», 1976, № 10; Крохин О. Н., Склизков Г. В., Шиканов А. С. Экспериментальные исследования в лазерном управляемом термоядерном синтезе. — «Природа», 1976, № 11; Басов Н. Г., Крохин О. Н., Склизков Г. В., Федотов С. И. Мощные лазеры для термоядерного синтеза. — «Природа», 1976, № 12.

Гидровулканы Мынбулака

Р. К. Баландин, В. И. Соболев



Рудольф Константинович Баландин, гидрогеолог, автор научно-популярных книг: Глазами геолога. М., 1973; По холодным следам. М., 1974; Солигорск и наша планета. Минск, 1975; Время — Земля — мозг. Минск, 1975; Пульс земных стихий. М., 1975.



Валентин Иванович Соболев, старший инженер Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии Министерства геологии СССР. Занимается изучением формирования химического состава подземных вод.

Сравнительно недавно грозная семья вулканов приобрела новых «тихих» родственников. Это — гидровулканы, т. е. вулканы, выбрасывающие воду.

Впервые следы гидровулканизма описал около 10 лет назад гидрогеолог П. П. Иванчук¹. По его мнению, гидровулканы существовали в определенные геологические эпохи, затем исчезали и вновь появлялись, но в дальнейшем «вымерли». Для доказательства периодичности эпох гидровулканизма Иванчук пользовался гипотезой периодического резкого усиления

тектонических и горообразовательных процессов одновременно на всей Земле. Эти процессы вызывали интенсивное складкообразование, разрывы структур, горные породы становились пластичными, не могли оставаться неподвижными и пластовые воды. В глубоко погруженных песчаных резервуарах создавались огромные пластовые давления. Слоистая толща осадков не выдерживала, рвалась и ломалась. Захороненные подземные воды с огромной силой вырывались вверх, в эти разломы. Таким образом и возникли гидровулканы.

Однако гипотеза Иванчука весьма уязвима. Вряд ли можно сопоставлять текучесть горных пород, проявляющуюся в масштабе сотен тысячелетий, с текучестью подземных вод. Во всяком случае,

Рис. Р. К. Баландина.

¹ Иванчук П. П. Гидровулканизм. — «Природа», 1967, № 7; 1972, № 11.

залежи нефти, нередко находящиеся под большим давлением, не прорываются в одну из эпох тектогенеза на земную поверхность с образованием «нефтевулканов». Нельзя также не отметить, что за последнее время концепция резкой пульсации тектогенеза подверглась серьезной и в значительной мере обоснованной критике² и вряд ли может быть принята в своем традиционном виде.

Наконец, в целом ряде случаев имеются все основания подозревать, что под понятием гидровулканов подразумеваются издавна известные грязевые вулканы и следы гидротермальной деятельности, не имеющей сколько-нибудь заметного сходства с вулканизмом, т. е. выбросом на поверхность глубинных пород.

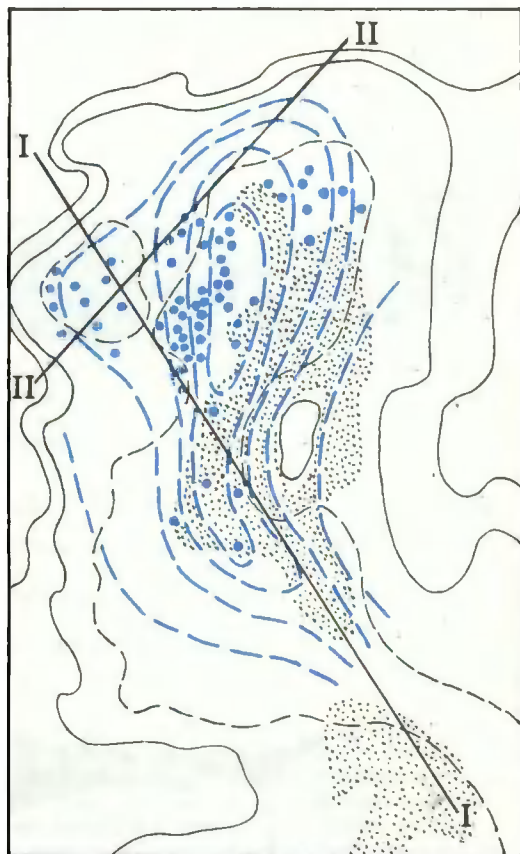
Таковы в самых общих чертах некоторые возражения против идеи гидровулканизма. Пожалуй, сказанного было бы вполне достаточно, чтобы на этом закончить разговор о гидровулканах.

Однако одно обстоятельство не позволило нам удовлетвориться молчанием или критическим выступлением: мы встретились с гидровулканами, что называется, лицом к лицу. И не с вымершими гидровулканами, а с современными, действующими, находящимися в «расцвете сил».

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

Гидрогеологической партии, где мы работали, предстояло провести съемочные работы в Приаральских Каракумах, севернее Сырдарьи. На этой территории расположена крупная бессточная впадина Мынбулак.

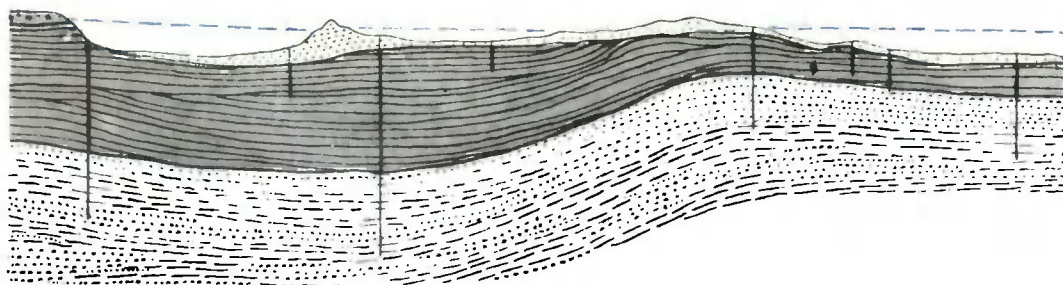
Уже при первом просмотре фондовых материалов, карт и аэрофотоснимков впадина невольно привлекала внимание. На всех картах здесь отмечены многочисленные родники. Да и само слово «мынбулак» означает «тысячи родников». Но поистине удивительны некоторые аэрофотоснимки. На них видно, что к участку выхода родников приурочены многочисленные концентрические образования, внешне очень похожие на вулканы. Сходство выявляется еще ярче, если рассматривать стереопары аэрофотоснимков. Видны хорошо выраженные на сером фоне ровной поверхности такыра холмы преимущественно конусовидной формы, нередко с черными «кратерами» на верши-



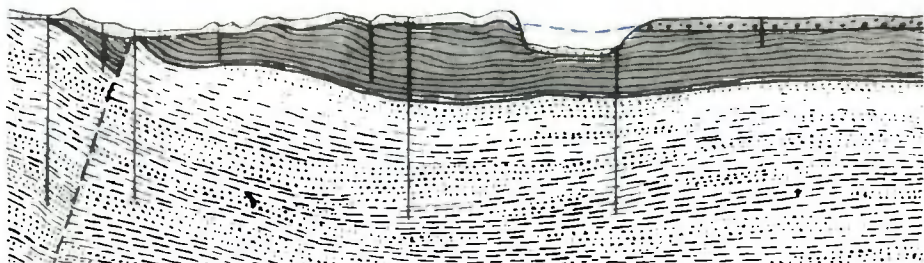
Карта-схема Мынбулакской впадины. Римскими цифрами отмечены разрезы.

² Тектоника Евразии. М., 1966.

I-I



II-II



Продольный и поперечный разрезы через впадину. На разрезах видно, что мощность палеогеновых глин (водоупора) изменчива. Там, где она невелика, создаются предпосылки для образования гидровулканов.

нах. Размеры холмов внушительны: до 1 км в диаметре.

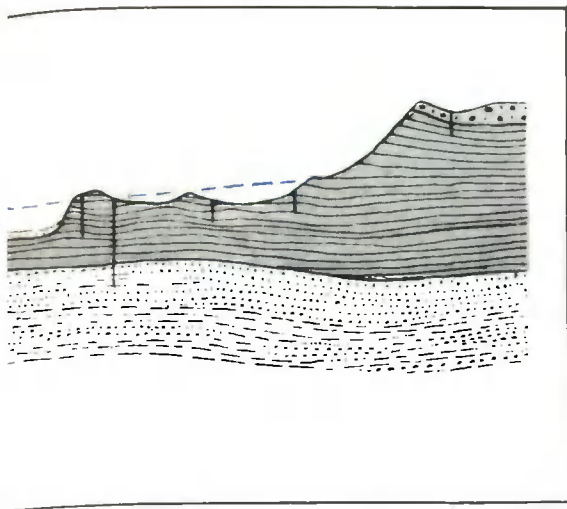
Известно, что в районе Мынбулака распространены сравнительно неглубоко залегающие высоконапорные подземные воды. Следовательно, «тысячи родников» не что иное, как проявление естественной разгрузки этих вод. Но какова природа странных холмов?

Подобные образования описал в начале нашего века В. А. Обручев во вре-

мя путешествия по Джунгарии³. Позже, в 1939 г. о них писал А. И. Дзенс-Литовский⁴. Используя местные названия, он подразделил холмы с выходами родников на вершинах на две группы: кудуки и булаки. Первые, по его мнению, образуются в результате налипания пыли в местах выходов родников. Сухая пыль легко уносится ветром, а на увлажненных участках она задерживается, накапливается. Булаки, согласно гипотезе Дзенс-Литовского, — это останцы песчано-гли-

³ Обручев В. А. В Джунгарии. В кн.: К 70-летию Д. Н. Анучина. М., 1913.

⁴ Дзенс-Литовский А. И. Песчаные бугры-булаки и бугры-кудуки в пустыне. — «Природа», 1939, № 2.



четвертичные отложения



неогеновые отложения



палеогеновые отложения



отложения верхнего мела



зона тектонического разлома



пьезоизогипсы



скажины

нистых пород, сохранившиеся также в местах выхода на поверхность родников (сухие породы легче выветриваются, и останцы препарируются ветром в соответствии со степенью увлажненности пород). Аналогичные идеи высказывал Б. А. Петрушевский⁵.

В последующие годы все исследователи, работавшие в районе Мынбулака, придерживались мнения, высказанного Дзенс-Литовским. Считали также, что закреплению пыли и песка способствовала растительность, распространенная на вер-

шинах холмов. Одновременно эта растительность может служить как бы ловушкой, задерживающей частицы грунта.

Описаны бугры налипания в разных пустынных районах Средней Азии, и чаще всего они приурочены к разломам, вдоль которых происходит разгрузка артезианских вод. Высота их не более 3—5 м. За ними закрепилось местное название «чоколаки». Встречаются они преимущественно в днищах крупных бессточных впадин.

Впрочем, на этом кончается сходство чоколаков с буграми Мынбулака.

Высота мынбулакских бугров относительно поверхности окружающих такыров достигает 30 м, а ширина в основании — 1 км. Ничего подобного для чоколаков не отмечается. Не обнаруживают бугры Мынбулака и стремления вытянуться в линию вдоль предполагаемых разломов. Они расположены в общем беспорядочно. Форма этих странных холмов округлая; симметричные склоны в плане образуют правильные круги (преобладающее направление местных ветров на их форме совершенно не сказалось).

В одном из отчетов геологи, производившие съемочные работы во впадине, высказали предположение, что бугры Мынбулака образовались из-за разрушения и выдавливания вверх маломощного глинистого пласта под действием напора артезианских вод из нижележащего горизонта. Однако и в этом случае не получали объяснения особенности внешнего облика холмов.

Надо заметить, что до сих пор никто еще не проводил более или менее детальных специальных исследований этих образований, внешне удивительно похожих на маленькие вулканы. Поэтому вопрос об их происхождении фактически оставался открытым: были высказаны гипотезы, но убедительное обоснование их на основе фактического материала отсутствовало.

Наша гидрогеологическая партия провела в пределах Мынбулакской впадины бурение скважин и их гидрогеологическое опробование, геоэлектрическое зондирование, изучение состава грунтов, аэровизуальные наблюдения и, конечно же, исследования во время пеших маршрутов. Все эти работы позволили по-новому увидеть бугры Мынбулака.

Еще до проведения полевых работ мы убедились, что до сих пор нет сколько-нибудь обоснованной версии образования конусовидных холмов, увенчанных на вершинах выходами родников и высокими зарослями тростника. Было решено условно

⁵ Петрушевский Б. А. Артезианский бассейн Мынбулак в Турганской впадине. — «Бюлл. МОИП, отд. геолог.», 1939, т. XVII, вып. 4—5.

именовать их гидровулканами: за явную связь с подземными водами и очевидное (по аэрофотоснимкам и описаниям) внешнее сходство с вулканическими конусами.

Позже, после очного знакомства с гидровулканами и после изучения природных условий Мынбулакской впадины, мы пришли к выводу, что назвали бугры гидровулканами верно.

МЫНБУЛАКСКАЯ ВПАДИНА

Мынбулакская впадина в плане округлая и несколько вытянута в северо-западном направлении. Длина ее до 80—90 км, ширина 35—50 км. Наиболее низкая отметка впадины 66 м. Абсолютные отметки бортовых уступов от 130 м (северный борт) до 250 м (юго-восточный борт). Наиболее низкие отметки тяготеют к юго-восточному склону. Здесь же наиболее круты склоны с многочисленными следами оползней и оплывин.

В западной части впадины обнажаются на поверхности континентальные пески (с прослоями глин и алевроитов) верхнемелового возраста. Остальные склоны и большая часть дна впадины сложены почти исключительно морскими глинами эоцен-олигоценного возраста. За пределами впадины, на водораздельном плато, эти глины с поверхности прикрыты мало-мощным плащом грубообломочных пород, возраст которых принято считать верхненеогеновым.

Близ подножия западного склона впадина рассечена тектоническим нарушением, простирающемся на северо-запад. Оно лежит на продолжении крупного Каратауского разлома. Так что, за исключением западного склона, вся впадина расположена в крупном опущенном блоке. Результаты бурения в днище впадины показывают, что близ поверхности залегают палеоценовые — верхнемеловые отложения, кровля которых погружается на север и на юг. Следовательно, центральная часть впадины представляет собой антиклиналь.

Морские глины, слагающие склоны впадины, с поверхности интенсивно разрушаются. Выветривание сопровождается накоплением гипса. По нашим данным, содержание гипса в склоновых отложениях достигает 25—40%. В осадках пролювиальных шлейфов на дне впадины содержание гипса от 3—5 до 10%, редко — больше, а в золовых песках не выходит из интервала 1—1,5%.

В осадках, слагающих конусы гид-

ровулканов, содержатся лишь десятые доли процента гипса (в среднем 0,3 — по 8 анализам). Вряд ли тут можно говорить о «налипании» золовых песков и пыли. Маловероятно, чтобы в этом случае отложения гидровулканов столь резко отличались по содержанию гипса от других отложений четвертичного возраста, распространенных во впадине.

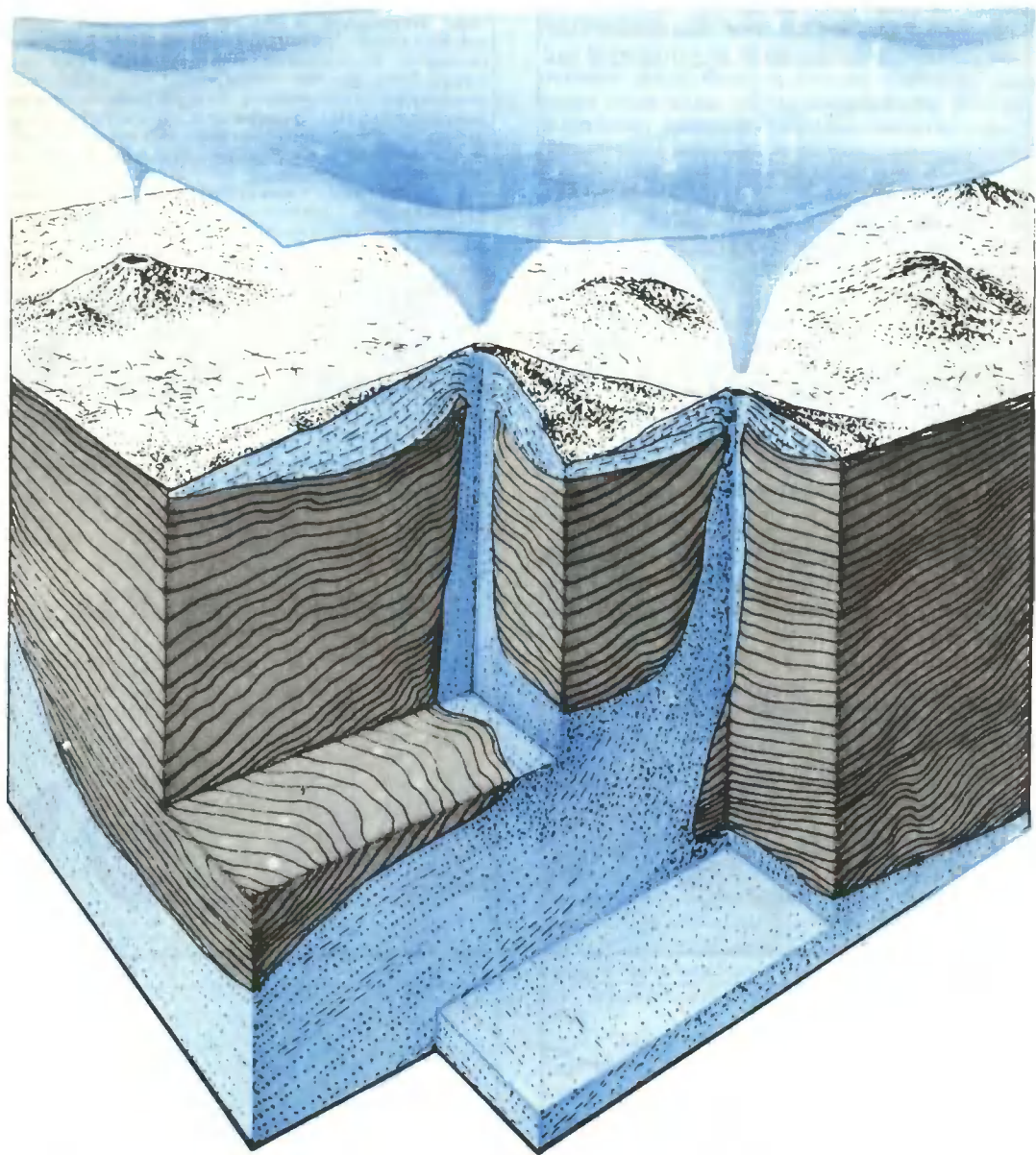
Конусы гидровулканов сложены осадками из более крупных частиц, чем подножия. Для всех этих осадков характерна слоистость, подчеркнутая горизонтами погребенных почв. Наклоны слоёв строго по направлению склонов. Нередко среди прослоев песка на склонах встречаются конкреции фосфоритов. Они генетически связаны с отложениями палеоцена, залегающими здесь на глубине несколько десятков метров. Появление конкреций на вершинах гидровулканов никак не может быть объяснено в рамках существующих гипотез выдувания или налипания.

Песчано-глинистые отложения, слагающие конуса гидровулканов, имеют своеобразный генезис. Их невозможно отнести к какой-нибудь известной генетической группе отложений. Очевидно, их следует выделять из других современных отложений, именуя гидровулканитами.

В районе гидровулканов нашей партией было пробурено несколько скважин. Одна из них была приурочена к вершине недействующего гидровулкана. Здесь было сухо. С первых же метров бурения выяснилось, что прижерловые пески насыщены водой. Уровень подземных вод установился у самой поверхности земли.

Общая мощность песчано-глинистых гидровулканитов, слагающих конус, составила 22 м. Ниже начались плотные серые глинистые пески с тонкими прослойками глин и с обломками белемнитов (верхний мел, маастрихт). На глубине 53 м появились крупные пески и начали самоизливаться артезианские воды. Скважина бурилась малым диаметром, однако дебит ее был не очень мал: 3—4 л/с. Текущая вода размывала породы по всему стволу скважины и выносила на поверхность песок, который быстро оседал в русло образовавшегося ручья. Искусственное вызванное «извержение гидровулкана» закончилось через два дня.

Скважины, расположенные вдали от гидровулканов, вскрывали в отложениях маастрихта пласты очень плотных глин, насыщенных обломками раковин. Ниже, в песках сенона, вновь были встречены артезианские воды, которые фонтаном выры-



Блок-диаграмма участка распространения гидровулканов. Плоскость сверху показывает высоту напора подземных вод. Эта плоскость имеет впадины над вершинами гидровулканов, где идет самоизлия подземных вод.

вались наружу. Измерения показали, что избыточный напор над поверхностью земли составил 35 м. Следовательно, разгрузка напорных вод через толщу маастрихта происходит только через «фациальные окна», т. е. там, где глины менее плотны. Этим и объясняется бессистемное расположение гидровулканов. Если бы они были приурочены к тектоническим разломам, подобно чоколакам, их расположение было бы упорядоченным.

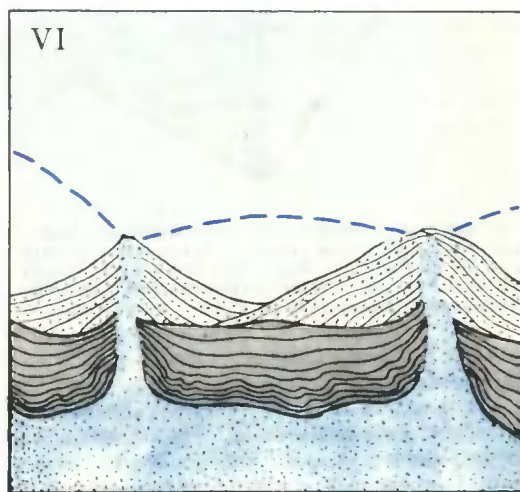
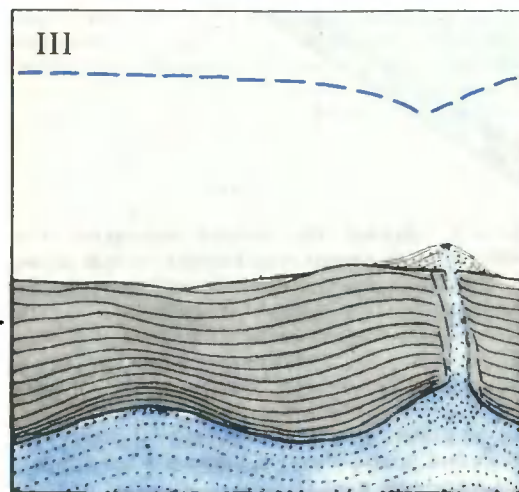
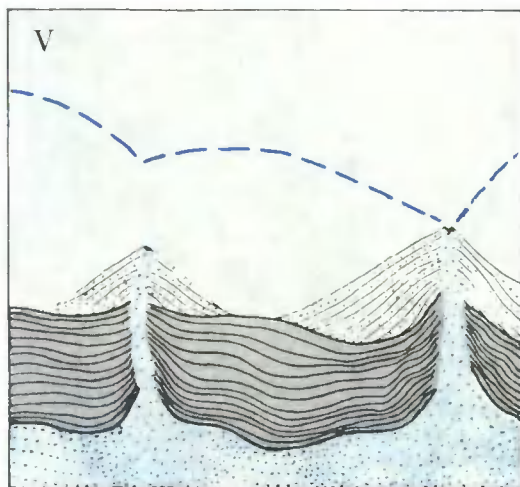
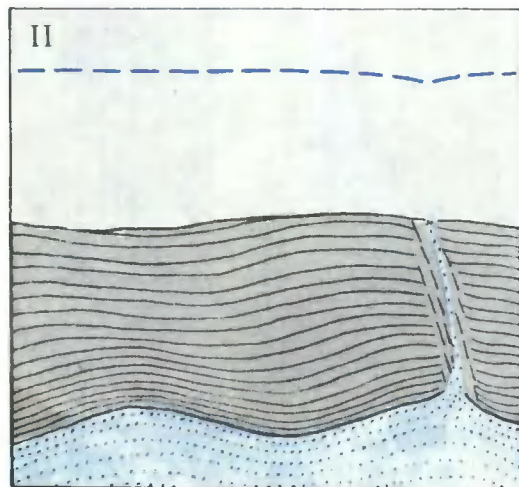
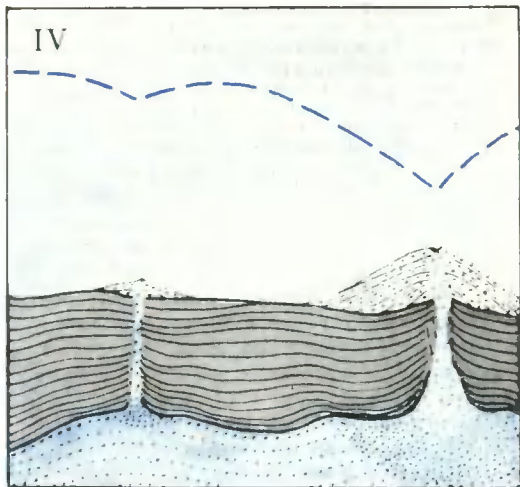
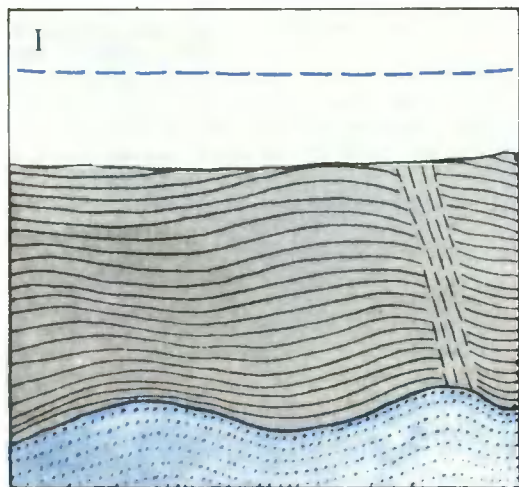


Схема формирования гидровулкана. Условные обозначения те же, что и на предыдущих рисунках. I — эродированная толща палеогеновых глин имеет значительную мощность, и артезианские воды не прорывают ее; II — благодаря эрозии мощность глин уменьшилась, подземные воды выбились на поверхность; III — подземные воды выносят на поверхность пески и глины, формируется конус гидровулкана, пьезометрический уровень локально снижается; IV — формирование второго гидровулкана еще более снижает пьезометрический уровень артезианского горизонта; V — общее снижение напора подземных вод приводит к затуханию активности гидровулканов; VI — на потухшем вулкане (справа) формируется кальдера, на склонах образуются вторичные золотые песчаные формы.

Гидровулканы не принадлежат к распространенным природным образованиям. Для рождения гидровулкана требуется сочетание ряда благоприятных условий: артезианские воды, обладающие большим избыточным напором, превышающим мощность слабо проницаемого перекрытия; достаточно высокая водообильность водоносного горизонта, обеспечивающая вынос большого количества песчано-глинистого материала; способность перекрытия к размыву.

И все-таки гидровулканизм как специфический вид разгрузки напорных вод, приводящий к активному преобразованию рельефа и накоплению особых осадков, вряд ли является экзотическим, исключительно редким явлением. По-видимому, следы его можно обнаружить в различных районах и не обязательно в пустынных. Так, в работе английских исследователей Дж. Беннисона и А. Райта имеется упоминание о «песчаных вулканах» (терминология авторов) в прибрежных районах графства Клэр. Эти «песчаные вулканы... образовались в результате того, что водонасыщенные пески (плывуны) под действием веса вышележащих осадков были выжаты под давлением сквозь покров оползневых материалов»⁶. Судя по геологическому разрезу, приведенному Беннисоном и Райтом, «песчаные вулканы» формировались при участии напорных вод.

Гидровулканы внешне очень похожи на грязевые вулканы. Но внешнее сходство обманчиво. Гидровулканизм не сопровождается никакими термальными процессами, выбросами газов или органических соединений. Активным веществом здесь служат обычные слабо минерализованные артезианские воды с температурой (по измерениям в скважинах) не выше 17°C.

Таким образом, гидровулканы отличаются от грязевых и по движущим силам извержений, и по составу изверженных масс, и по условиям географического распространения.

В процессе «извержения» гидровулканов, расположенных в засушливых районах, на поверхность поступает пресная или слабосоленая вода. А там, где вода, там обилие растений и животных. Создается как бы двухэтажный ландшафт: на вершинах холмов — избыток воды, заболачива-

⁶ Беннисон Дж., Райт А. Геологическая история Британских островов. М., 1972, с. 168—169.

ние, влаголюбивая растительность, а на склонах и между холмами — пустыня.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

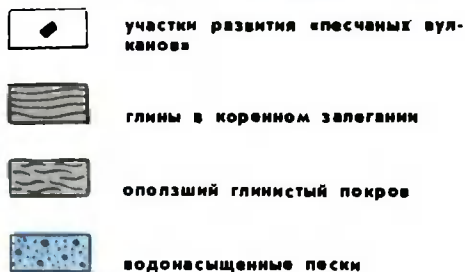
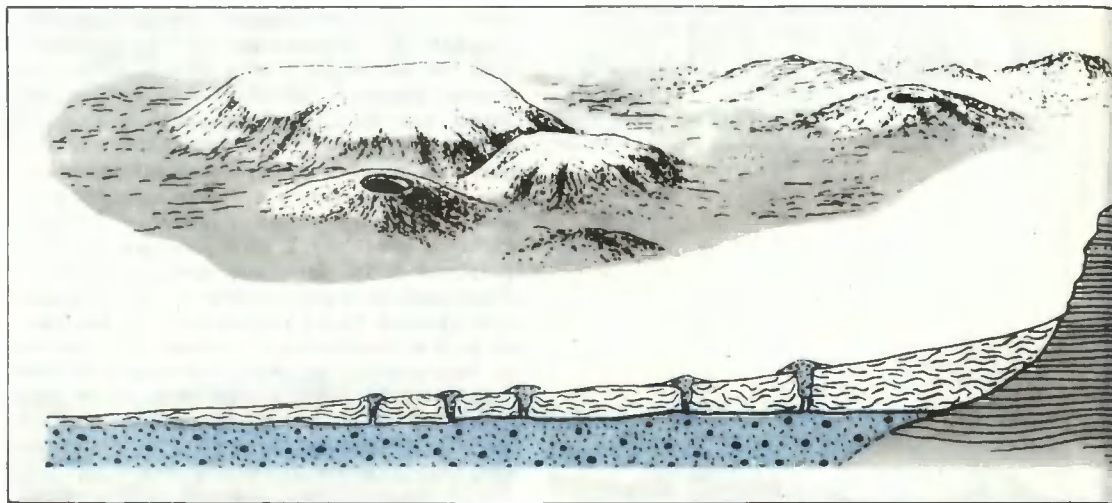
Гидровулканы Мынбулака ежедневно изливают на поверхность земли, по подсчетам гидрогеолога У. М. Ахмедсафина, 500 л воды в секунду⁷. Правда, цифра эта требует уточнения: режимные наблюдения над гидровулканами не проводились.

Можно предполагать, что гидровул-

немелового водоносного горизонта — очень перспективного для практического использования в этом районе.

Два десятка скважин в Мынбулакской впадине, пробуренные нами, дают самоизлив. Они не всегда выносят заметное количество твердого материала, однако вода бьет из них постоянно. С учетом этих «искусственных» источников воды, цифра Ахмедсафина (500 л/с) может оказаться сильно заниженной.

Трудно примириться с мыслью, что в пустыне пропадает большое количество



Песчаные вулканы на северо-западе графства Клар (Ирландия). Справа — схема распространения песчаных вулканов, слева — внешний вид песчаных вулканов и их геологический разрез.

каны периодически активизируются в связи с динамикой подземных вод. Наблюдения над гидровулканами позволили бы выявить некоторые параметры верх-

пресной воды. Сейчас, когда разрабатываются проекты гигантского канала, направляющего воды северных рек на юг (возможно, через Мынбулакскую впадину), требуется самым серьезным образом исследовать вопрос о рациональном использовании артезианских вод во впадинах, подобных Мынбулакской.

К сожалению, о гидровулканах мы еще очень мало знаем. Какова их история? Насколько широко они распространены? Как они связаны с тектоническими условиями и с палеогеографией? Подобных вопросов возникает немало. Безусловно, интересна проблема палеогидровулканизма.

В Мынбулакской впадине, предположительно, существуют три генерации гидровулканов. Наиболее древние и высокие конуса расположены в западной части впадины и в настоящее время частично погребены под песчаными эоловыми наносами. Не исключено, что эти пески были выброшены на поверхность из верхнемелового горизонта и позже были перевезены

⁷ Подземные воды пастбищных территорий Казахстана. Алма-Ата, 1969.

ветром. Сейчас все эти гидровулканы прекратили свою деятельность из-за заметного снижения пьезометрического уровня артезианского верхнемелового горизонта.

В центре впадины расположена группа менее древних гидровулканов. Некоторые из них сохраняют незначительную активность (например, в северной части впадины — родник Богдок, приуроченный к вершине холма). Они также покрыты золотыми песками.

Наконец, современные действующие активные гидровулканы находятся в вос-



точной части впадины. На юго-восточной окраине этого участка гидровулканы образовались, по-видимому, совсем недавно. Здесь еще не сформировались более или менее значительные конуса и отчетливо растрескиваются и коробятся палеогеновые глины под напором артезианских вод.

Создается впечатление, что формирование впадины шло с северо-запада на юго-восток. По мере увеличения числа гидровулканов они сильнее дренировали водоносный горизонт, создавая значительную депрессионную воронку. В гидровулканах первой генерации уровень подземных вод опускался ниже вершины, гидроизвержения заканчивались. Сейчас на этих участках дают самоизлив скважины на склонах холмов и в понижениях.

Возникает вопрос — почему мы не встречаем гидровулканы достаточно часто?

Прежде всего, конечно, надо учесть, что без целенаправленных поисков нелегко выявить какое-либо природное явление и чаще всего исследователь ограничива-

ется традиционными представлениями, классифицируя объект в соответствии с имеющимися концепциями. Так, гидровулканы отождествлялись с формами наложения песка и пыли или с останцами увлажненных пород. Однако более естественное и отвечающее фактам объяснение, что это — аккумулятивные образования, созданные за счет выброса на поверхность водонасыщенных пород, даже не предполагалось.

Не исключено, что целенаправленные поиски помогут выявить своеобразные аккумулятивные формы, называемые нами гидровулканами, в различных районах, — там, где имеются соответствующие гидрогеологические и геологические условия (высота напора артезианского горизонта должна превышать мощность водоупора, который, в свою очередь, не должен быть прочным и т. д.). Кроме того, очевидно, что гидровулканы формируются в районах, где происходит или тектоническое опускание, или эродированное водоупорное перекрытие артезианского горизонта, или возрастает напор подземных вод. Вероятно, стимулятором гидровулканизма могут служить землетрясения.

Конечно, нарисованная картина гипотетична. Но вряд ли можно сомневаться в существовании современных гидровулканов (имея в виду природное явление, а не его название) и генетически с ними связанных особых отложений (гидровулканитов). Гидровулканы поставляют на поверхность земли не только воду и песчано-глинистые массы, но и вместе с тем предоставляют информацию о гидрогеологических условиях и геологической истории района.

УДК 551.49

И. К. Поггендорф — создатель анналов и словарей

Г. К. Цаерава

Бокситогорск

Вряд ли отыщется научный работник широкого профиля, не говоря уже об историках науки и техники, которые в своих разысканиях не просматривали бы «Биографико-библиографического словаря» И. К. Поггендорфа. Поггендорф вошел в историю науки главным образом своим словарем, однако он оставил в ней заметный след и экспериментальными исследованиями в области электричества, равно как и редактированием научного журнала. Между тем, даже несмотря на связь Поггендорфа с Петербургской академией наук, у нас о нем написано незаслуженно мало. Настоящая статья является попыткой несколько заполнить этот пробел.

Иоганн Кристиан Поггендорф родился 29 декабря 1796 г. в семье гамбургского сахарозаводчика. Континентальная блокада разорвала его отца. Юный Поггендорф, завершив среднее образование в частном пансионе, в 1812 г. нанялся учеником в старинную гамбургскую аптеку. В 1818 г. он покинул отчий дом и поступил на должность помощника фармацевта в г. Итцехоз (ныне ФРГ), где прожил два года. Вспоминая то время, он писал: «Большой досуг позволил мне значительно расши-

рить мои познания по химии, чему во многом способствовала богатая библиотека моего просвещенного принцепала»¹.

Уяснив себе, что по недостатку средств ему не придется стать владельцем аптеки, Поггендорф в апреле 1820 г. переехал в Берлин с намерением получить высшее образование. «Окружение способных молодых людей, с которыми я здесь познакомился,— читаем в воспоминаниях Поггендорфа,— решительно склонило меня оставить фармацевтику. Я записался в университет, ходил на лекции, хотя и нечасто, ревностно стараясь путем самообразования восполнить то, чего не мог получить на лекциях. Насколько позволяли мои ограниченные средства, я с увлечением производил опыты и имел счастье уже осенью 1820 г. завершить одну работу в малоизвестной еще области электромагнетизма, за которую заслужил похвалу профессора П. Эрмана²... Работа эта, в которой я описал изобретенный мною электромагнитный мультипликатор (позднее названный гальванометром), была в 1821 г. напечатана в журнале «Isis» Океана³»⁴.

Действительно, Поггендорф с первых же месяцев жизни в Берлине проявил себя физиком-экспериментатором,

наделенным даром изобретательства. Он оказался в числе тех, для кого публикация, подписанная 21 июля 1820 г. профессором Копенгагенского университета Г. Х. Эрстедом (1777—1851) об открытии отклонения магнитной стрелки под действием проводника, обтекаемого электрическим током, послужила толчком для начала систематических исследований электромагнитных явлений. Вместе с тем Поггендорф был одним из первых, если не самым первым, кто понял, что эти исследования не будут иметь научного значения, если не разработать для них новых методов измерений, основанных на электромагнитных же явлениях, и если не построить не существовавших прежде типов измерительных приборов. Именно он придал конструктивные черты электроизмерительного прибора — гальванометра — изобретенному осенью того же 1820 г. И. Швейггером (1779—1857) мультипликатору. Он же в 1826 г. предложил метод зеркального отсчета, развитый затем К. Ф. Гауссом (1777—1855) и получивший впоследствии применение в обширном семействе зеркальных гальванометров.

Выдающийся русский ученый и изобретатель Б. С. Якоби (1801—1874) 11 декабря 1866 г. на заседании Физико-математического отделения Петербургской академии наук предложил избрать Поггендорфа иностранным членом-корреспондентом на вакантное место после смерти Л. Фуко (1819—1868). Перечисляя в своей речи заслуги немецкого ученого, Якоби первым делом указал на зеркальный гальванометр, как на прибор, изобретенный никем иным, как Поггендорфом.

Вернемся, однако, немного назад. В 1823 г. по окончании университета Пог-

¹ Цит. по ст.: Löhr H. Johann Christian Poggen-dorff (1796—1877) und sein unsterbliches Werk. — «Medicamentum», 1975, № 16, S. 62. (Этот и приведенные далее отрывки из автобиографии Поггендорфа на русском языке публикуются впервые.)

² Пауль Эрман (1764—1851) — с 1810 г. профессор физики и метеорологии в Берлинском университете.

³ Лоренц Океан (1779—1851) — известный немецкий натурфилософ и издатель научного журнала.

⁴ Цит. по ст.: Salie H. Standardwerk zur Geschichte der Naturwissenschaften. — «Forschungen und Fortschritte», 1963, № 7 (в дальнейшем: Salie), S. 203.



Иоганн Кристиан Поггендорф
(1796—1877).

гендорф получил низкооплачиваемую должность метеоролога-наблюдателя в Берлинской академии наук, чем он был не очень доволен. Он вспоминает: «Между тем растаяло небольшое отцовское наследство, которым я покрывал свои расходы, и к весне 1824 г. я так истратился, что смотрел на будущее без особых надежд. И вдруг, совершенно неожиданно передо мной открылась дорога, которая не только соответствовала моим научным устремлениям, но и обещала приличное место»⁵.

⁵ Salié, S. 203.

Поггендорф имел в виду сделанное ему предложение возглавить издававшийся с 1799 г. журнал «Annalen der Physik» после смерти его основателя и редактора Л. В. Гильберта (1769—1824). Поггендорф дал согласие при условии расширить тематику журнала и переименовать его в «Annalen der Physik und Chemie». Полвека, до самой своей смерти (24 января 1877 г.) он бесценно, практически в единственном числе, руководил изданием этого научного журнала. 160 томов «Анналов Поггендорфа» были кладью: передовой физико-химической мысли⁶. В них печатались основополагающие труды виднейших естествоиспытателей Германии. «Анналы» были гостеприимным прибежищем и своеобразным мостом в мировую науку не только для немецких ученых; их стра-

ницы широко раскрылись и для русских ученых, таких как Якоби, его коллега по Академии Э. Х. Ленц (1804—1865) и др.

С 1835 г. до 1875 г. Поггендорф регулярно читал в университете лекции по истории физики, которые были изданы посмертно⁷. Его склонность к истории науки не была случайной, а скорее выражала черту его натуры, потребность души. В 1837 г. вместе с Ю. Либихом (1803—1873) и Ф. Велером (1800—1882) он участвовал в составлении «Словаря по чистой и прикладной химии». В 1853 г. были опубликованы его «Очерки по истории точных наук», в которых можно найти сведения о жизни и достижениях 150 ученых XVI—XIX вв. Затем появились пять выпусков поггендорфского шедевра «Биографико-библиографического словаря», о котором мы уже говорили в начале статьи. Полностью словарь был издан И. А. Бартом в 1863 г. в Лейпциге. На более чем трех тысячах столбцов двух томов словаря помещены биобиблиографические сведения о 8500 естествоиспытателях «всех времен и народов». В этом капитальном труде составитель как нельзя лучше достиг гармонического сочетания двух важнейших компонентов подобного рода словаря — биографического и библиографического⁸.

Уже первый выпуск «Словаря» (72 страницы тома I), изданный в 1858 г., нашел благодарных читателей. Среди них — А. Гумбольдта (1769—1859), которого современники прозвали «Аристотелем XIX в.» За год с небольшим до своей

⁶ Журнал продолжал выходить и после смерти Поггендорфа. Сейчас он издается в ГДР под названием «Annalen der Physik».

⁷ Poggendorff J. C. Geschichte der Physik. Leipzig, 1879.

⁸ Этого нельзя сказать о нынешних выпусках «Словаря», где равновесие нарушено в пользу библиографии.

BIOGRAPHISCH-LITERARISCHES HANDWÖRTERBUCH

ZUR GESCHICHTE

DER EXACTEN WISSENSCHAFTEN

ENTHALTEND

NACHWEISUNGEN

LEBENS-

VERHÄLTNISSE UND LEISTUNGEN

VON

MATHEMATIKERN, ASTRONOMEN, PHYSIKERN, CHEMIKERN, MINERALOGEN, GEOLOGEN USW.

ALLER VÖLKER UND ZEITEN

GEWANNEN

VON

J. C. POGGENDORFF

VERLEGER UND VERWALTUNGS-REDAKTOR

ERSTER BAND.

A — L.

*Bibliothek der Akademie der Wissenschaften
Poggendorff-Handschrift*

LEIPZIG, 1863.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH

Титульный лист первого тома «Биографико-библиографического настольного словаря по истории точных наук, содержащего сведения о жизни и трудах математиков, астрономов, физиков, химиков, минералогов, геологов и т. д. всех народов и времен».

кончины, 23 января 1858 г., он писал Пoggendorffу: «Я не смогу достаточно полно выразить Вам, дорогой коллега и друг, как приятно я был поражен этим великолепным начинанием — биобиблиографическим настольным словарем, первый и столь содержательный выпуск которого, благодаря Вашему многолетнему и

неизменному ко мне благоволению, я уже держу в своих руках. Такое предприятие было под силу только Вам! Только Вы один могли совладать с таким огромным материалом...»⁹ А Якоби в упомянутом выше выступлении, касаясь «Словаря», говорил, что «имея теперь в своих руках это историческое сокровище, едва ли можно представить себе, как мы без него столь долго обходились»¹⁰.

⁹ Salicé, S. 204. (На русском языке публикуется впервые.)

По оригинальности замысла и объему выполненного у Пoggendorffа, как он сам справедливо отмечал в предисловии к «Словарю», не было предшественников. Вместе с тем он сознавал, что начатое им дело должно быть продолжено. Он писал: «Итак, разве что на время завершен труд, которому я посвятил почти пятнадцать лет своего досуга. Ради чего была принесена эта жертва? Я лично убежден, что польза и необходимость настоящего издания не будут оспариваться, более того, с течением времени оно получит все большее признание»¹¹.

Составление словарей — занятие подвижническое, и Пoggendorff не для красного словца говорил о принесенной им жертве. Об этом красноречиво сказано в стихотворении франко-итальянского гуманиста периода позднего Возрождения Юлия Цезаря Скалигера (1484—1558):

Если в мучительские
осужден кто руки,
Ждет бедная голова печали
и муки,
Не вели томить его делом
кузниц трудных,
Не посылать в тяжкие
работы мест рудных:
Пусть лексикон делает —
то одно довлеет,
Всех мук роды сей един
труд в себе имеет¹².

Собранная Пoggendorffом картотека для следующего тома «Словаря» была использована после его смерти. Третий том, охватывающий 1858—1883 гг., вышел в свет

¹⁰ ЛО Архива АН СССР, ф. 187, оп. 1, № 265, л. 42.

¹¹ Poggendorff J. C. Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften..., B. I, Leipzig, 1863, S. III.

¹² Перевод Феофана Прокоповича (1681—1736). Цит. по предисловию Л. Щербы к книге «Русско-французский словарь». М., 1956, с. 7.

J. C. POGGENDORFF
BIOGRAPHISCH-LITERARISCHES
HANDWÖRTERBUCH
DER EXAKTEN NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von der
Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig

Band VII b · Teil 5: L · M

Berichtsjahre 1932 bis 1962

Leitung der Redaktion

PROF. DR. HANS SALLÉ
DR. LEBRECHT WEICHEL



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1976

Титульный лист одного из выпусков современного издания словаря Поггендорфа.

в 1898 г., и то лишь благодаря щедрой денежной поддержке, оказанной известным физиком Б. В. Феддерсенем (1832—1918), взявшим на себя вместе с А. И. Эттингеном (1836—1920), питомцем и до 1894 г. профессором Дерптского университета, редактирование этого тома. С пятого тома «Словарь» издается под

эгидой Саксонской академии наук в Лейпциге. С образованием ГДР в 1949 г. при Академии была учреждена редакционная коллегия под председательством Г. Цауника, а с 1956 г. — Г. Салле. В 1962 г. закончилось издание тома VIIa «Биографико-библиографического настольного словаря точных наук» И. К. Поггендорфа (за 1932—1953 гг.), в котором отражены ученые «немецкоговорящих» стран (ГДР, ФРГ, Австрии и части Швейцарии). Выпуск этого тома встретил большие затруднения, так как во время войны картотека и все

другие материалы погибли и работу надо было начинать сызнова. В настоящее время печатаются книжки тома VIIb, который посвящен ученым всех других стран. На 12 860 страницах томов I—VIIa словаря Поггендорфа помещено 43 022 статьи, включающие 28 789 имен естествоиспытателей¹³.

И. К. Поггендорф удостоился ряда почетных ученых званий. В 1839 г. он был избран членом Берлинской академии наук, в 1868 г. — иностранным членом Петербургской академии наук. Начало научных контактов Поггендорфа с последней датируется, вероятно, 30-ми годами. Сохранилось пять его берлинских писем, адресованных Б. С. Якоби, с которым у немецкого физика было много точек соприкосновения в области электромагнитных исследований. Поггендорф являлся также посредником при налаживании связей ряда немецких ученых, в частности физика В. Э. Вебера (1804—1891) с Петербургской академией наук.

11 декабря 1868 г. Якоби неофициально сообщил Поггендорфу о его избрании иностранным членом Петербургской академии наук (сохранился черновик этого письма¹⁴). Письмом от 29 января 1869 г. Поггендорф благодарит русского коллегу и добавляет: «...Могу предполагать, что Вы принимали большое участие в оказанной мне чести. Такие отличия всегда действуют ободряюще..., и они имеют тем большую ценность, когда исходят от такой корпорации, которая подобно Вашей Академии, занимает столь высокое место среди научных институтов Европы»¹⁵.

¹³ Sallé, S. 205.

¹⁴ ЛО Архива АН СССР, ф. 187, оп. 1, № 265, л. 41.

¹⁵ Там же, ф. 187, оп. 2, № 399, л. 1—2.

УДК 092 Поггендорф

Электрические и магнитные свойства биологических мембран

С. Е. Бреслер



Семен Ефимович Бреслер, доктор химических наук, заведующий лабораторией биополимеров Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР и кафедрой биофизики Ленинградского политехнического института. Ученик А. Ф. Иоффе и Д. Л. Талмуда. Автор большого числа работ по физической химии полимеров и молекулярной биологии и книг: Физика и химия макромолекул (Л., 1965; издана также в Японии), Молекулярная биология, издана в СССР (Л., 3-е изд. 1973), США (1971), Чехословакии (1968) и Польше (1972). В настоящее время занимается проблемами молекулярной биологии и генетики.

Электрические явления играют большую роль в биологии. Еще в 1791 г. в своих первых опытах по электрофизиологии Л. Гальвани обнаружил сокращение мышц у отрезанной лапки лягушки при приложении к ней небольшой разности потенциалов. Давно известны морские животные (например, электрический скат), способные убивать свою добычу электрическими разрядами высокого напряжения. На первый взгляд, все это представляется парадоксальным. Ведь внутриклеточная жидкость — цитоплазма хорошо проводит электричество. Ее ионная среда по проводимости соответствует примерно 0,15-молярному раствору поваренной соли. Каким образом могут создаваться заметные разности потенциалов в такой проводящей среде? На этот вопрос легко ответить, если учесть, что все клеточные оболочки, а также внутриклеточные органеллы (например, митохондрии) состоят из мембран, образованных электронизолирующими липидами. Хотя толщина отдельных мембран составляет только 50—100 Å, но на каждой из них образуются разности потенциалов порядка 0,1 В, что дает внутримембранные поля порядка 100 тыс. В/см. Наборы миллионов мембран в результате суммирования могут давать те высокие напряжения, о которых упоминалось.

Причина образования мембранного

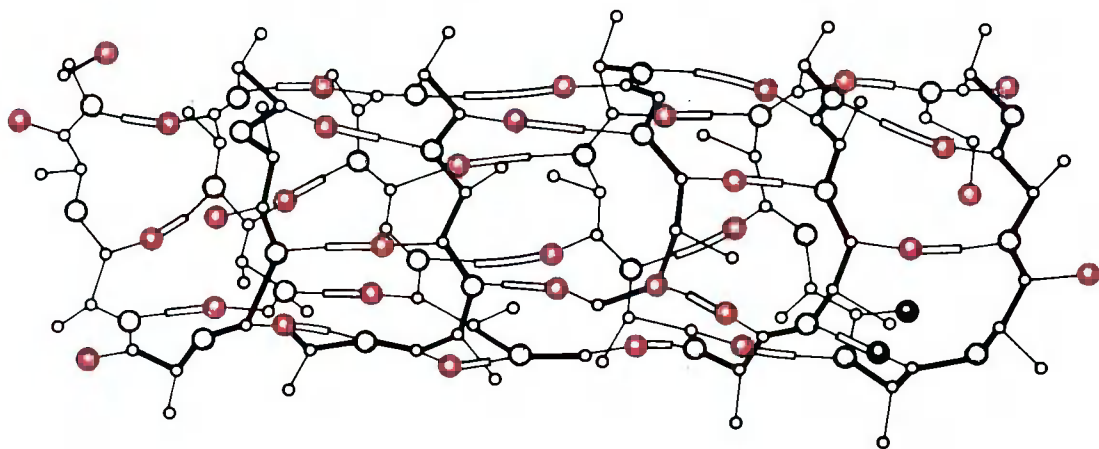
потенциала заключена в избирательной проводимости мембран для некоторых ионов: например, мембрана может быть проницаема для калия, но не для натрия. Анионы через липидный слой обычно не проходят. Если с обеих сторон подобной мембраны концентрации солей калия различны, ионы калия будут диффундировать сквозь мембрану и создадут на ней разность потенциалов (поскольку анионы не могут за ними последовать), которая в точности уравнивает стремление калия к диффузии. Образуется так называемый диффузионный потенциал Нернста. Сейчас твердо установлено, что скачок потенциала на мембране исключительно важен. В частности, по современной теории трансмембранного транспорта (теории Митчелла) именно электрическое поле внутри мембраны создает потоки необходимых веществ из наружной среды внутрь клетки или из клетки в наружную среду.

Сегодня строение и функции мембран изучили довольно хорошо, даже делают лабораторные модели биомембран. На отверстие в гидрофобной пластинке (из полистилена или тефлона) под водой наносят слой из смеси липидов. Измеряя емкость или электропроводность, можно следить, как утоньшается липидная пленка. В конце концов толщина слоя достигает ~100 Å, и образуется так называемое

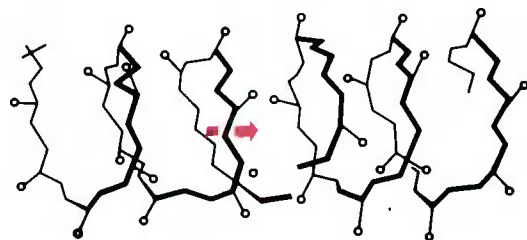
«черное пятно» (название подчеркивает ее невидимость). В таком виде мембрана может существовать в течение многих часов. В липид можно вводить некоторые вещества, например ионофоры, которые переносят ионы через неводную среду. Тогда липидная пленка становится проводящей для определенных ионов, что легко измерить, если приложить к ней разность потенциалов порядка 0,1 В. Электрические свойства мембран существенно зависят от природы введенного в них ионофора. Так, например, антибиотики ала-

изучена. Но для модельной мембраны с грамицидином уже сейчас имеются гипотезы о механизме его действия¹. Грамицидин — полипептид, состоящий из 15 аминокислотных остатков. Несколько молекул грамицидина образуют комплекс, свернутый в спиральную трубочку и расположенный перпендикулярно плоскости мембраны.

Измеряя электропроводность пленки и зная, что при низких концентрациях грамицидина она зависит от его концентрации приблизительно в шестой — девятой сте-



Схематическая пространственная модель комплекса, состоящего из двух спиральных молекул грамицидина. Внизу — тот же комплекс без боковых групп полипептидной цепи (его размер 25—30 Å). Стрелкой отмечено местонахождение катионов натрия или калия внутри спирали.



метицин или грамицидин создают в липидной пленке как бы поры или каналы, через которые избирательно проникают однозарядные катионы. Интересно, что, если заморозить липидную пленку охлаждением, каналы сохраняются и прохождение ионов через них не прекращается.

Какова же молекулярная структура каналов для прохождения ионов? У большинства реальных мембран эти каналы белковой природы, и структура их еще не

пени, можно заключить, что этот комплекс состоит из 6—9 молекул. Поскольку спирали грамицидина содержат водоотталкивающие; гидрофобные, группы снаружи и полярные, гидрофильные, внутри, они извне как бы сольватированы (т. е. смоче-

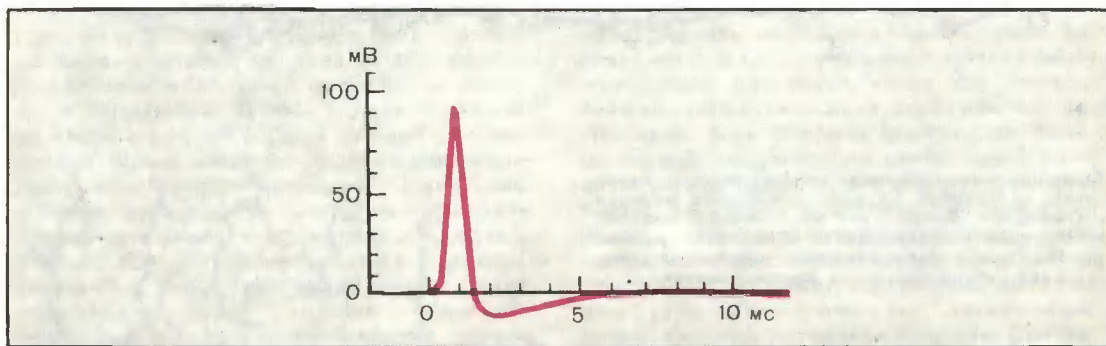
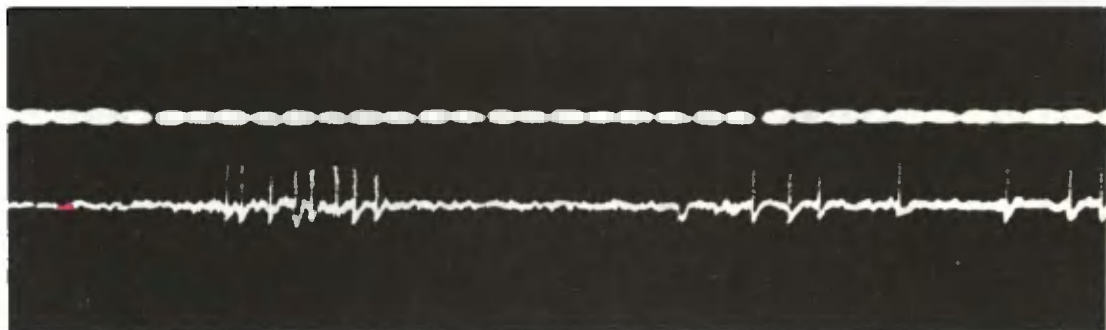
¹ Овчинников Ю. А., Иванов В. Т., Шкроб А. М. Мембраноактивные комплексы. М., 1974, с. 167.

ны) липидом, а внутри сохраняют канал для прохождения ионов. Кстати, подобные так называемые «канальные комплексы» давно известны физической химии.

Изучая электрические свойства модельных мембран, наблюдают скачкообразные изменения электропроводности с изменением приложенной разности потенциалов, т. е. ничего похожего на проявление обычного закона Ома. При этом некоторые ионофоры ведут себя так, что с уменьшением напряжения на пленке ток не падает, а скачкообразно нарастает. Как

известно из физики колебаний, такой электрический элемент с «падающей характеристикой» способен генерировать электрические колебания. И действительно, модельная мембрана обнаруживает подобные свойства. Эти явления, показанные на относительно примитивной модели «черного пятна», имеют прямое отношение к одному из самых важных процессов биологии — образованию нервного электрического сигнала.

Скачок потенциала на внешней мембране нервных клеток (нейронов) вызывает



В е р х у — осциллограмма электрической активности нейрона из зрительной области коры мозга кролика. В момент, указанный цветом перед глазами животного была произведена вспышка света продолжительностью 0,5 мс. Нейрон ответил на короткое возбуждение органа чувств пачками спайков. В верхней части диаграммы записана отметка времени. Каждое овальное пятно означает интервал 10 мс [0,01 с]. По современным представлениям в этих пачках сигналов закодирована информация о событии [вспышке света], передаваемая мозгу.

В н и з у — расчетный единичный спайк, полученный согласно феноменологической теории Ходжкина — Хаксли. На нем видны характерные особенности явления. По ординатам отложена разность потенциалов в некоторой точке аксона, по абсциссам указано время.

образование острых электрических сигналов, пробегающих вдоль нейронов, которые, как считает современная физиология, служат материальным механизмом переноса информации в нервной системе человека и животных. Основной элемент этого механизма — спайк (единичный нервный сигнал) можно искусственно получить, если, например, понизить в несколько раз скачок потенциала на небольшом участке мембраны нервной клетки, приложив внешнюю разность потенциалов обратного знака. Когда скачок потенциала в некоторой точке мембраны внезапно уменьшает-

ся с 0,1 до 0,02 В, тогда электрические свойства диэлектрика, заполняющего мембрану, изменяются скачкообразно — он начинает проводить электричество, в частности становится проницаем для ионов натрия, которые устремляются из внешней среды внутрь клеток, поскольку мембрана заряжена положительно снаружи. Ионный ток вызывает уменьшение поля в соседних точках мембраны, где опять же возникает проводимость, и так образуется волна электрического тока, бегущая вдоль заряженного конденсатора, нервного волокна или аксона. Осциллограф показывает, что единичный импульс имеет ширину 0,5—1 мс, а скорость его распространения равна 10—50 м/с. Когда импульс пробежал по мембране, ее электрические свойства снова изменяются. Она не пропускает больше ионы натрия, а проводит только ионы калия, концентрация которого внутри клетки в 30 раз больше, чем вне клетки. Ионы калия диффундируют во внешнюю среду и опять создают скачок потенциала. Тогда мембрана оказывается снова готовой к спайку. На эту подготовку требуется время порядка всего сотой доли секунды. Спайк был подробно изучен А. Л. Ходжкины, А. Ф. Хаксли² и другими исследователями. Измерив электрические свойства аксона (отростка нервной клетки), т. е. внутреннюю и внешнюю электропроводность, а также емкость мембраны, удалось теоретически предсказать форму сигнала и скорость распространения путем решения так называемого телеграфного уравнения Кельвина.

На одном из наших рисунков показана осциллографическая запись сигналов от единичного нейрона коры головного мозга кролика, следовавших вслед за возбуждением зрительного нерва короткой вспышкой света. В этом эксперименте следует обратить внимание на тонкую технику. Электрический сигнал отведен от единичной клетки мозга, для чего в нее вколот металлический электрод толщиной 2 мкм. Такие микроэлектроды физиологи вживляют и людям.

Расчетная форма спайка, вычисленная по теории Ходжкина — Хаксли, показывает, что феноменологически явление описывается правильно.

Однако главная тайна оставалась нераскрытой. Непонятно было, в чем причина таких удивительных изменений электриче-

ских свойств мембраны — возникновения проводимости для ионов натрия и ликвидация для ионов калия в момент запуска спайка и возвращения к исходному состоянию после разряда мембраны.

Установлено, что внутри мембраны присутствуют специальные белковые каналы, отдельно для натрия и отдельно для калия. Это было показано с помощью специфических ядов. Один из них, тетродотоксин, блокирует каналы для прохождения натрия, второй, тетраэтиламмоний, — каналы для калия. Как открываются и закрываются каналы, еще не известно. Вначале казалось, что формирование спайков — особая привилегия нервных клеток. Потом выяснилось, что их можно наблюдать на самых различных объектах. Например, их наблюдают у парамеции (туфельки), у которой они служат для переноса информации об изменении ионного состава окружающей среды, и у нитевидной водоросли нителлы, у которой физиологическая роль их неясна. Затем образование спайки удалось проследить на искусственных моделях — «черных пятнах». Считают, что при понижении напряжения каналы, проводящие ионы, переворачиваются из одного состояния равновесия в другое. Воспроизведение этого явления на небиологической модели показывает, что здесь действует особый физический механизм.

Если электрические процессы живой материи не вызывают никаких сомнений, то роль магнитных полей в биологии до сих пор дискутируется. Существующая сейчас целая область исследований, называемая магнитобиологией, к сожалению, скопирована большим количеством ошибок, отсутствием контроля, а иногда и прямой фальсификацией. Особенно подозрительны опыты, относящиеся к влиянию слабых полей. Напомню историю с «магнитными браслетами», выпускавшимися японскими фирмами для лечения множества болезней и запрещенными японским правительством как прямое надувательство. В итоге среди научных работников укоренилось скептическое отношение, и появились статьи, полностью отрицающие магнитобиологию.

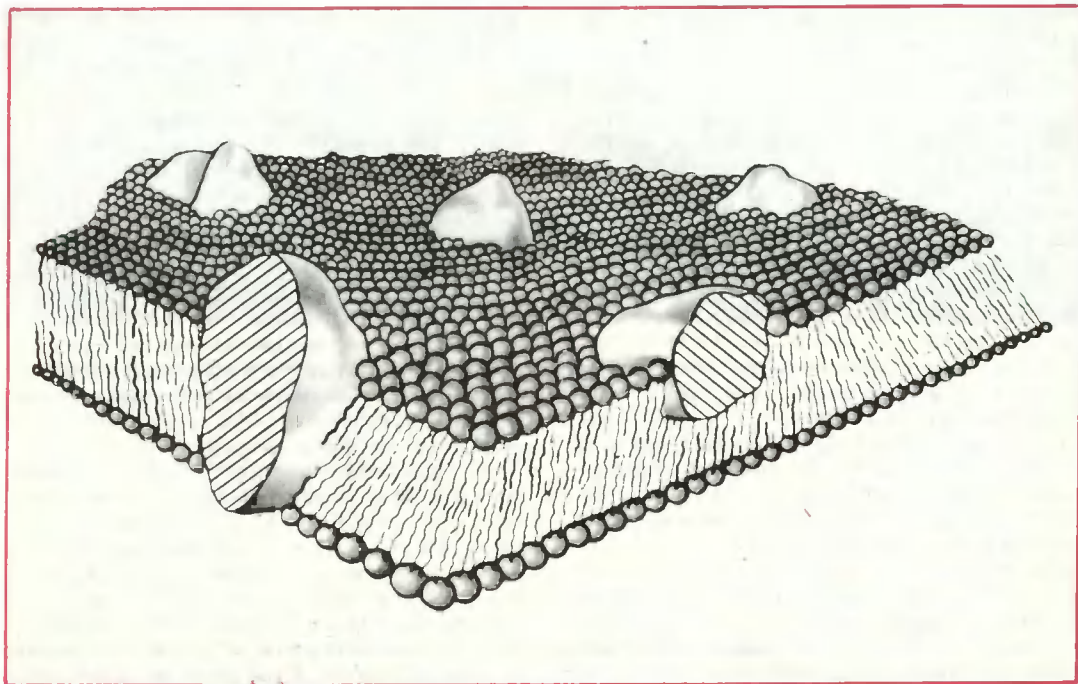
С нашей точки зрения, прежде всего необходимо понять физический механизм действия магнитного поля на клетки. Уже прошел тот период изучения биологических объектов, когда думали, что в них возможны любые чудеса. Биологические объекты — это сложные системы, и на системном уровне они проявляют иногда неожиданные закономерности. Но все эле-

² Hodgkin A., L., Huxley A. F.—
«J. Physiol.», 1952, v. 117, p. 500.

менты биологических систем, да и они в целом, подчиняются общим физическим законам. Молекулы, их составляющие, сейчас хорошо изучены, и к ним можно подходить с обычными критериями молекулярной физики.

Спрашивается, можно ли, в принципе, наблюдать влияние магнитного поля на биологические молекулы? На первый взгляд, ответ будет отрицательным. Действительно, практически все биологически важные вещества диамагнитны. В их моле-

кулах индуцируется слабый магнитный момент $\mu = \chi H$, где χ — магнитная восприимчивость, H — поле, а следовательно, энергия, которую они могут приобрести в магнитном поле, равная μH , очень мала. Эту энергию нужно сравнивать с энергией теплового движения kT , где k — постоянная Больцмана, а T — абсолютная температура. Из сравнения следует, что отношение $\mu H / kT$ равно $\sim 10^{-7}$, даже достаточно большое поле ($H = 10$ тыс. Э) и энергия, приобретаемая в магнитном поле, пренеб-



Модель так называемой жидкомозаичной структуры мембраны. Молекулы липидов образуют двойные слои — основу мембраны. Цепи в отдельных жидкокристаллических доменах параллельны, но пространственная ориентация разных доменов различна, хотя углы наклона в среднем одинаковы. Полярные группы липидов показаны в виде кружочков, белки — в виде островков, частично пронизывающих мембрану насквозь. Липидный слой жидкий, и белковые макромолекулы сохраняют подвижность вдоль мембраны (латеральную подвижность), их положение в мембране определяется смачивающим их липидом.

режимо малы. В электрических полях ориентация молекулы определяется критерием $\epsilon E / kT$, где ϵ — дипольный момент, E — электрическое поле. Для полей порядка 10^5 В/см этот критерий $\epsilon E / kT \cong \sim 10^{-2}$, т. е. так же мал по сравнению с единицей.

Однако это простое соображение не исчерпывает вопроса. Дело в том, что многие органические молекулы (до 5% от всех ныне известных органических соединений) образуют в определенной температурной области так называемые жидкие кристаллы. Это означает, что их молекулы упаковываются в упорядоченные образования — домены, содержащие миллионы молекул. Причина тому — силы взаимодействия между соседними простран-

венно-асимметричными молекулами. При этом вещество остается жидким, подвижным, лишенным упругости по отношению к сдвигу, так как степень упорядоченности внутри доменов все же относительная, не сравнимая с таковой у истинных кристаллов.

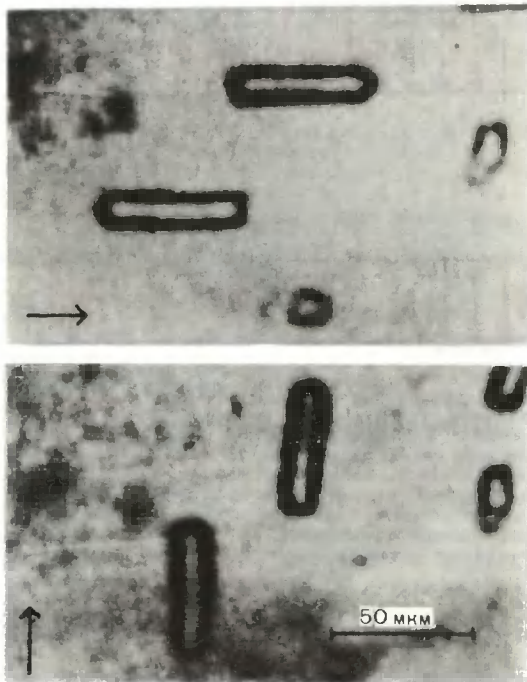
Когда жидкие кристаллы помещают в электрическое или магнитное поле, в них возникают сильные (зависящие от напряженности поля) ориентационные эффекты, давно изучаемые физиками. Дело в том, что в магнитном поле домены оказываются анизотропными. Если они состоят из вытянутых цепных молекул, то в поле домены должны перестраиваться (как бы перекристаллизовываться) так, чтобы длинная ось молекулы совпадала с направлением магнитного поля. Изменение энергии при этом уже будет $n\mu H/kT$, где n — среднее число молекул в домене, и этот критерий может достигать величины порядка единицы в доступных для эксперимента полях.

Теперь возникает вопрос, имеются ли жидкокристаллические домены в биологических объектах. Оказывается, липиды, из которых построены мембраны, представляют собой типичные жидкие кристаллы так называемого смектического типа, образующие слои параллельно ориентированных цепных молекул. А значит, ориентация липидных доменов в электрических и магнитных полях не только возможна, но и неизбежна. Белковые частицы, служащие каналами для ионов, расположены внутри липидной мембраны и ориентируются соответственно ориентации липидов, так как своей гидрофобной боковой поверхностью они тесно сцеплены с молекулами липидов. Поэтому, с точки зрения физики, действие магнитного поля на мембраны и на мембранную проницаемость вполне естественно.

Здесь следует упомянуть еще об одном наблюдении, при котором было обнаружено действие умеренного магнитного поля (порядка 100—1000 Э) на кинетику процессов. Речь идет о влиянии магнитного поля на фотопроводимость органических веществ, на люминесценцию и на некоторые фотохимические реакции, в которых участвуют парамагнитные молекулы, например кислород. Явление это физически достаточно ясно³. Трудно сказать

сейчас имеет ли оно какое-нибудь отношение к биологии. Не исключено, что фотохимические и фотоэлектрические процессы живой природы (фотосинтез, работа органов зрения) могут оказаться мишенью для воздействия магнитных полей по этому механизму.

Рассмотрим ориентацию в магнитном поле (10 тыс. Э) суспензии из палочек, взятых из ретины глаза лягушки. Палочки состоят из молекул липида, ориентированных своей длинной осью вдоль оси палоч-



Микрофотография палочек из глаза лягушки, взвешенных в физиологическом растворе и помещенных в магнитное поле напряженностью 10 тыс. Э. Видна хорошая ориентация палочек вдоль поля [указанного стрелкой].

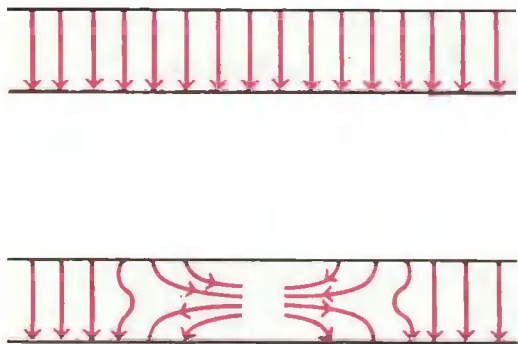
ки. Французские исследователи Р. Шанье и А. Халазонитис⁴ показали, что магнитное поле поворачивает палочки, как стрелки компаса, хотя они не содержат ни парамагнитных, ни тем более ферромагнитных веществ. Физически ясно, что источник

³ Соколик И. А., Франкевич Е. Л. — «Успехи физ. наук», 1973, т. III, с. 261.

⁴ Chagneux R., Chalazonitis N. — «Compt. rend. Acad. sci.», 1972, v. 274, ser. D, p. 317.

ориентации — анизотропия магнитной восприимчивости цепных молекул липида.

Мы изучали⁵ (в сотрудничестве с В. М. Бреслером, Э. Н. Казбековым, Н. Н. Васильевой) влияние магнитных полей от 10 тыс. до 50 тыс. Э в сверхпроводящем соленоиде на транспорт различных веществ сквозь мембрану почечных канальцев. Поместив почку лягушки в магнитное поле, мы следили, как почечные канальцы насыщались из внешней среды сильно флуоресцирующее вещество флуоресцин. Для



Электрическое поле в мембране: до начала разряда [вверху] и в момент, когда разряд начался в некоторой точке мембраны [внизу] Иницировать разряд можно, приложив в заданной точке обратную разность потенциалов. В синапсах нейронов [в точках, где они контактируют друг с другом] разряд инициируется ультрамикроскопической капелькой медиатора, например ацетилхолина.

количественных измерений мы воспользовались микроскопом, скомбинированным с флуориметром (прибор, измеряющий флуоресценцию фотоэлектрическим методом). Наконец, чтобы избежать органических нарушений, мы работали на целом неповрежденном органе. Для этого специальный контактный объектив слегка погружался в почку, что позволяло фокусировать микроскоп на почечный каналец без приготовления срезов или других повреждающих операций. Мы могли следить за накачиванием люминесцентной метки из внешней среды внутрь отдель-

ного канальца. Результат получился однозначный — магнитное поле тормозило транспорт вещества приблизительно на порядок. Скорость транспорта зависела от поля: вблизи 30 тыс. Э эффект достигал насыщения — скорость уменьшалась по сравнению с контролем в 5—6 раз. Конечно, опыты были повторены многократно и была получена убедительная статистика.

Однако почка оказалась не совсем удобным объектом, поскольку различные канальцы в ней имеют разнообразную пространственную ориентацию. Поэтому в последующих опытах мы использовали хориоидное сплетение из мозга кролика. Это специальный орган в виде тонкой прозрачной полоски, который отсасывает из мозговой жидкости балластные вещества внутрь капиллярных кровеносных сосудов. Сплетение это — мембрана, состоящая из одного складчатого слоя эпителиальных клеток. Плоскость мембраны в среднем совпадает с плоскостью сплетения, что позволяет создавать определенную ориентацию мембраны относительно поля.

Картина влияния магнитного поля на мембрану оказалась довольно сложной. В обычной среде, содержащей соли натрия, калия и кальция, магнитное поле ускоряло транспорт флуоресцирующей краски приблизительно в 2 раза. При этом эффект наблюдался только тогда, когда плоскость мембраны была перпендикулярна направлению поля, а при параллельной ориентации эффект отсутствовал. Известно, что молекулы липида далеко не всегда перпендикулярны плоскости мембраны. Рентгеноструктурный анализ показывает, что обычно они наклонены приблизительно под углом 60°. Вероятно, переносчики органических ионов тоже наклонены и этот наклон не оптимален для транспорта. Включение магнитного поля должно выпрямлять молекулы липидов и соответственно переносчиков, что, по-видимому, и ускоряет транспорт.

Иная ситуация создается, если сильно уменьшить концентрацию кальция в среде. Ионы кальция играют большую роль в структуре липидного слоя, так как сильно взаимодействуют с фосфатными группами фосфолипидов. Отсутствие кальция уменьшает связь между молекулами липида. В этом случае магнитное поле действует в обратном направлении, т. е. замедляет транспорт индикаторного иона флуоресцеина приблизительно в 2,5 раза. Такой сильный эффект (на порядок превышающий статистический разброс) наблюдается только в достаточно больших полях

⁵ Бреслер С. Е., Бреслер В. М. — «ДАН», 1974, т. 214, с. 936.

и насыщается вблизи от 20—30 тыс. Э. Видимо, уменьшение концентрации кальция резко изменяет структуру и ориентацию жидкокристаллических доменов. Пока мы не можем сказать ничего более определенного; нужны дополнительные структурные измерения на мембране. Эту задачу можно решить на прозрачном хориоидном сплетении, так как липидные слои обладают двойным лучепреломлением, но технически это нелегко осуществить, учитывая малую толщину биомембран.

Вернемся теперь к электрическим явлениям в мембране. Поскольку белковые каналы способны менять свою ориентацию, а следовательно, и проницаемость при изменении полей, вследствие перестройки липидного слоя, то изменение проводимости по калию и натрию, т. е. открытие и закрытие каналов для натрия и калия при изменении скачка потенциала, вполне объяснимо. До спайка мы имеем в мембране как бы заряженный конденсатор, в котором силовые линии перпендикулярны поверхности мембраны. В момент спайка заряд в некоторой точке мембраны становится равным нулю, а в соседних областях мембраны остается прежним. При этом вектор электрического поля вблизи «короткого замыкания» поворачивается на 90°, он направлен вдоль поверхности мембраны. В конце концов поле исчезает, так как заряд на конденсаторе нейтрализован.

Ясно, что эти ситуации могут соответствовать разным ориентациям липидных доменов. На практике это приводит к тому, что до спайка мембрана проводит только ионы калия, в момент разряда через мембрану проходят только ионы натрия, а после разряда к мембране снова возвращается калиевая проводимость. Значит, действительно, белковые каналы способны переворачиваться благодаря перестройке липидных доменов в изменяющихся электрических полях. Такая перестройка должна сопровождаться изменением оптических свойств мембраны в тех же точках, где пробегает спайк. На самом деле изменение оптических свойств мембраны, в частности двойного преломления в момент спайка, было обнаружено экспериментально Р. Кейнесом⁶, И. Тасаки⁷ и другими

исследователями⁸. Другое существенное наблюдение — ликвидация спайков при внесении мембраны аксона в сильное магнитное поле (16 тыс. Э) вследствие навязанной магнитным полем определенной ориентации доменов — было сделано в опытах ряда физиологов⁹.

Подводя итоги, можно констатировать, что ориентационные явления в липидной мембране фундаментально важны для многих биологических процессов, в частности трансмембранного переноса ионов и всего, что за этим следует. Именно здесь находится точка приложения для действия полей, электрического и магнитного, на биологические структуры.

⁸ Берестовский Г. Н., Либерман Е. А., Луневский В. З., Франк Г. М. — «Биофизика», 1970, т. 15, с. 62.

⁹ Chalazonitis N., Arvanitaki A. — «Compt. rend. Soc. Biol.», 1964, v. 158, No 10, p. 1902.

УДК 577.3

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ходжкин А. Л. Проводимость нервных импульсов. М., 1965.

Скулачев В. П. Трансформация энергии в биомембранах. М., 1972.

Капустин А. П. Электрооптические и акустические свойства жидких кристаллов. М., 1973.

⁶ Cohen L., Keynes R., Hille R. — «Nature», 1968, v. 218, p. 438.

⁷ Tasaki I., Watanabe A., Sandlin R., Carnay L. — «Proc. Nat. Acad. Sci. USA», 1968, v. 61, p. 883.

Магнитное поле Солнца и солнечный цикл

А. А. Рузмайкин



Александр Андреевич Рузмайкин, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института прикладной математики АН СССР. Область научных интересов связана с теоретической физикой и астрофизикой.

Солнце занимает особое место в астрономии. С одной стороны, это ординарный желтый карлик, находящийся почти на периферии Галактики. С другой стороны, Солнце — единственная звезда, наблюдая которую, астроном видит не точку, а шар диаметром около $32'$, откуда следует, что радиус Солнца приблизительно равен $7 \cdot 10^{10}$ см. Столь близкое положение Солнца превратило его в уникальный объект для научных исследований, важнейшим результатом которых явилось открытие солнечной активности. Она выражается прежде всего в существовании знаменитых солнечных пятен, вблизи которых наблюдаются факелы, флоккулы (яркие крапчатые пятнышки на солнечном диске) и вспышки, в динамике солнечной грануляции, в спикулах (тонких ярких выбросах из хромосферы), в ярких облаках, поднимающихся высоко над поверхностью и называемых протуберанцами, и в других явлениях.

Большинство из проявлений солнечной активности существенно связано с магнитными полями, в отдельных областях Солнца, например в пятнах, поля достигают огромных величин ~ 4000 Гс. Но сильные поля сосредоточены в малых масштабах, наблюдаемое же на поверхности крупномасштабное магнитное поле, которое можно назвать общим полем Солнца, име-

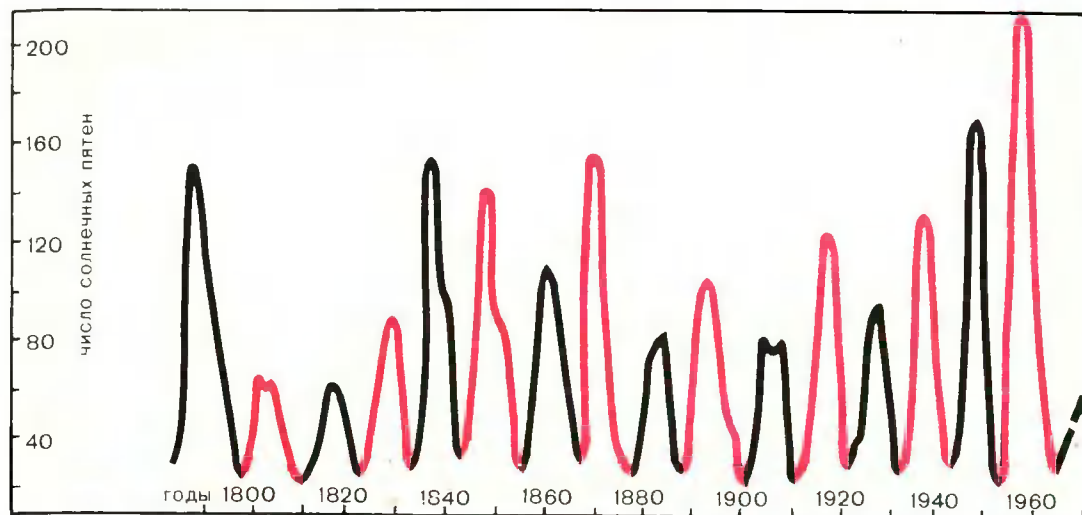
ет значительно меньшую величину ($\leq 1 \div 2$ Гс).

Однако изменения именно этого поля связаны с замечательной периодической повторяемостью солнечной активности, так называемым солнечным циклом.

СОЛНЕЧНЫЙ ЦИКЛ

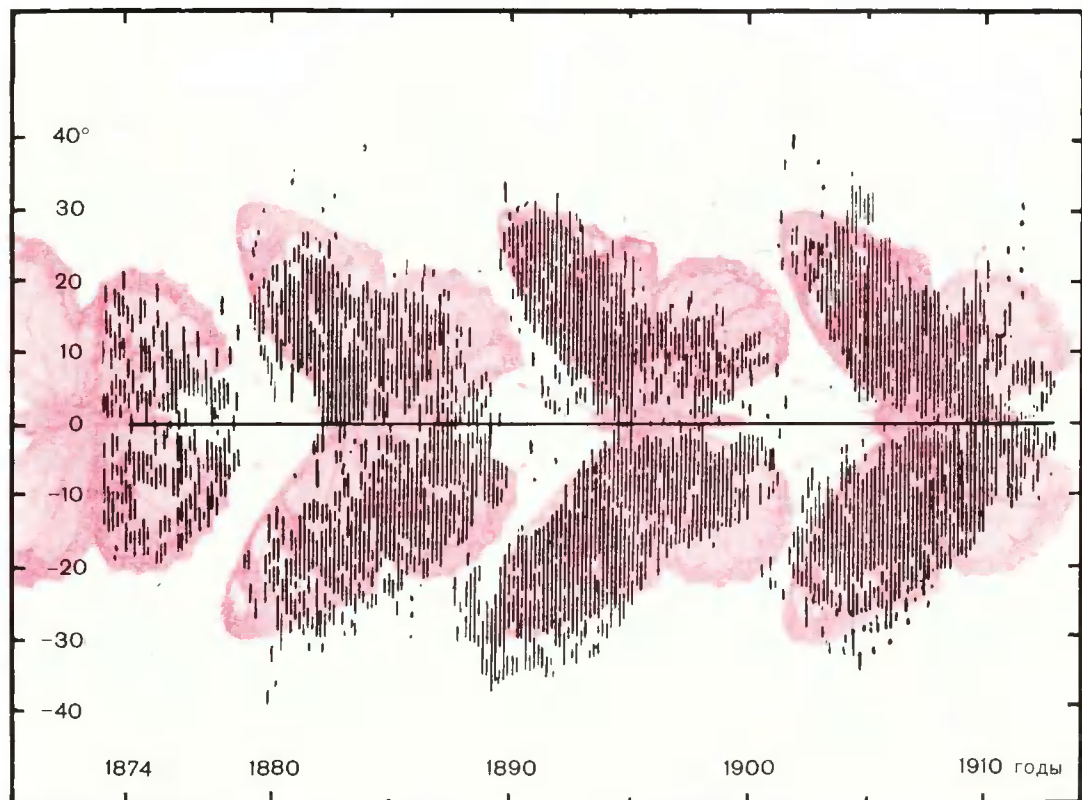
Наиболее четко солнечный цикл проявляется в периодическом изменении числа пятен, впервые открытым Г. Швабе в 1843 г. В 1852 г. Р. Вольф, объединив сведения о наблюдениях пятен с 1610 г. и результаты собственных наблюдений, установил, что количество солнечных пятен колеблется с периодом около 11 лет. Он же предложил метод подсчета числа пятен, которое известно теперь как цюрихское (Вольф проводил наблюдения в Цюрихе), или число Вольфа.

Как правило, в группах солнечных пятен, помимо мелких пятен, можно выделить два главных пятна с магнитным полем различной полярности. В течение 11-летнего цикла все восточные пятна группы одного полушария имеют одну (например, северную) полярность, а западные пятна — иную (южную). В другом полушарии восточные и западные пятна имеют противоположную полярность (соответственно,



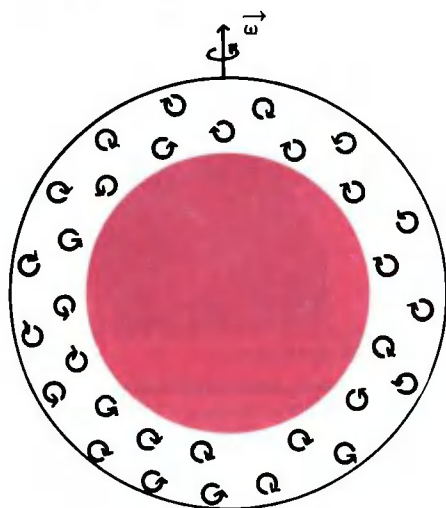
Изменение цюрихского числа солнечных пятен в период с 1749 по 1960 г. Двойная окраска графика указывает на изменение полярности пятен внутри цикла солнечной активности. Обращение магнитной полярности между солнечными полусферами в течение 11-летнего цикла обнаружил Г. Хейл [1908, 1913].

Широтное поведение зон солнечной активности, или баттерфляй-диаграмма.



южную и северную). В следующем цикле полярность всех пятен меняется на противоположную. Поэтому настоящим солнечным циклом считается период 22 года, через который повторяется не только число пятен, но и их полярность.

Различные проявления солнечной активности — пятна, факелы, флоккулы и т. п. — тесно связаны друг с другом, образуя активные области. Каждая активная область существует не более года, но число активных областей постоянно меняется с периодом ~ 11 лет. Активные об-



Модель строения Солнца. Внутренняя часть — ядро, внешняя — конвективная зона с турбулентным движением; ω — вектор угловой скорости вращения Солнца.

ласти появляются сначала на широтах $\pm 30^\circ$, затем, увеличиваясь в числе, перемещаются к экватору и исчезают к концу цикла на широтах $\leq +10^\circ$. Широтное поведение числа активных областей, известное как закон зон Шперера, обычно иллюстрируется бабочкой-диаграммой (Е. Маундер, 1922). С циклическим изменением активности Солнца связаны околоземные и межпланетные явления. Например, интенсивность космических лучей максимальна в минимуме солнечной активности и минимальна в максимуме (Е. Рока, 1950). Хотя, возможно, как показывают исследования советских ученых под руководством А. Н. Чарахьяна (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) и Г. Г. Любимова (Московский государственный уни-

верситет), большой интерес представляют отклонения от этой зависимости¹.

Наряду с 22-летним циклом иногда указывают и на другие более длинные циклы. Наиболее характерный из них, обнаруженный еще Вольфом в 1862 г., составляет около 88 лет.

ОБЩЕЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СОЛНЦА

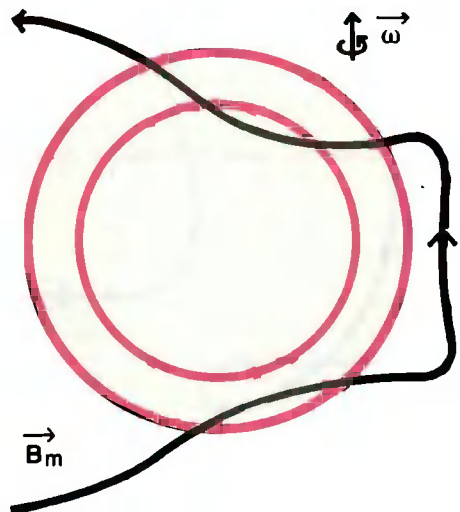
Структура магнитного поля Солнца необычайно сложна и изменяется во времени. В настоящее время широко обсуждается и проверяется путем наблюдений возможность существования в активных областях тонкоструктурных, «иглоподобных» элементов (размерами $\leq 1''$) с сильными магнитными полями, превышающими $(2 \div 3) \cdot 10^3$ Гс (А. Б. Северный, 1965, Э. И. Могилевский и др., 1968, Р. Дан и И. Циркер, 1973, и др.). Если провести усреднение по масштабам, превышающим размеры активных областей, результирующее поле не обратится в нуль, а получится достаточно гладкое крупномасштабное магнитное поле ~ 1 Гс. Астрономы не проводят подобного усреднения, а поступают проще и остроумнее. Искусственно уменьшая разрешение и наблюдая Солнце как звезду, они как бы отодвигают себя на расстояние ближайшей от Солнца звезды. При таком способе наблюдения детали пропадают и измеряется лишь среднее (или общее) поле Солнца. В результате получается следующее. Во-первых, общее поле Солнца ~ 1 Гс имеет вид диполя, ориентированного параллельно оси вращения и изменяющего свою полярность примерно через каждые 11 лет. Во-вторых, в дополнение к дипольному полю обнаружено общее магнитное поле, имеющее величину $\sim 0,5$ Гс, жестко связанное с Солнцем (т. е. обращающееся с периодом вращения Солнца) и геометрически подобное квадруполью, оси симметрии которого лежат в плоскости солнечного экватора. Обоснования этих фактов принадлежат в значительной степени сотрудникам Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, руководимой А. Б. Северным.

Первыми обнаружили существование общего дипольного поля Солнца и его 22-летнюю периодичность Г. У. Бэбкок и Г. Д. Бэбкок (1952). Открытие квадрупольного поля Солнца было стимулировано

¹ Мирошниченко Л. И. Солнце меняет свои ритмы? — «Природа», 1976, № 2.

открытием секторной структуры межпланетного магнитного поля (Дж. Вилкоккс Н. Несс, 1965). Суть его в том, что площадь круга, заключенного внутри орбиты Земли с центром на Солнце, можно грубо разбить на четыре сектора с чередующимися направлениями магнитного поля. Естественно, что «корни» секторной структуры оказались связанными с Солнцем.

Кроме того, связь пар пятен с различной полярностью магнитного поля и общее изменение полярностей пар в северной и южной полусферах указывает на



Образование азимутальной компоненты из петли меридианального поля $\vec{B}_m$ вследствие вращения Солнца.

существование под поверхностью Солнца общего азимутального (называемого еще тороидальным) магнитного поля. Азимутальное поле, во-первых, имеет различные направления над и под плоскостью солнечного экватора и, во-вторых, всплывает на поверхность в виде магнитных петель или дуг, концы которых оказываются связанными с солнечными пятнами.

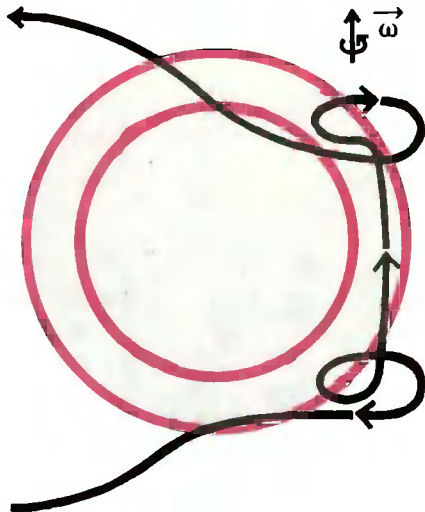
Эти три основных «составляющими» и исчерпываются на сегодня наши представления об общем магнитном поле Солнца. Далее будут рассматриваться лишь две из них: дипольное и азимутальное поля, поскольку именно они показывают 22-летнее циклическое изменение.

Убедившись в существовании крупномасштабного магнитного поля Солнца,

мы можем перейти к главному вопросу настоящей статьи — как создается это поле и почему оно испытывает периодические изменения.

ГЕНЕРАЦИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В КОНВЕКТИВНОЙ ЗОНЕ СОЛНЦА

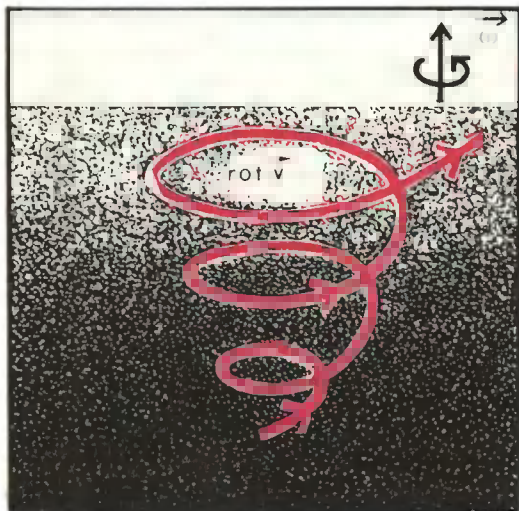
Любые изменения в электромагнитном поле не мгновенны, они происходят с какой-то скоростью и требуют определенного времени. Если создать в прово-



дящей плазмы магнитное поле масштаба l , а затем выключить источник, поддерживающий это поле, то поле исчезнет («затухнет») не сразу, а через время $\tau = l^2/\nu_m$, где ν_m — магнитная вязкость, определяющая электрическое сопротивление плазмы. Принимая в качестве ν_m величину, близкую к максимальному значению магнитной вязкости под поверхностью Солнца $\approx 10^7 \text{ см}^2/\text{с}$, получим время существенного изменения магнитного поля солнечного масштаба ~ 10 млн лет, т. е. несуразно больше по сравнению с 22-летним периодом. Магнитное поле, таким образом, эффективно «заморожено» относительно омической диссипации. Следовательно, должна существовать более сильная причина изменения крупномасштабного магнитного поля Солнца. Чтобы представить ее, полезно сделать набросок строения Солнца. Значительную долю его внутренней части занимает ядро, в котором протекают термоядерные реакции. Плазма полностью ионизована, и перенос энергии осуществляется излучением. Внешняя обо-

лочка толщиной не более $0,3 R_{\odot}$ называется конвективной зоной. Здесь присутствуют турбулизированные движения, поддерживаемые потоком из лучистого ядра. Перенос энергии осуществляется конвекцией.

В конвективной зоне и разыгрываются основные процессы, приводящие к генерации общего магнитного поля Солнца. Магнитное поле большого масштаба, помещенное в турбулизированную проводящую среду, легко запутывается, последовательно превращаясь в поля с уменьшаю-



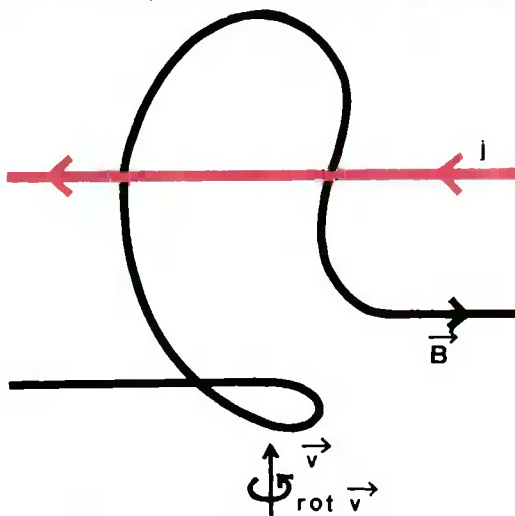
Возникновение преимущественного закручивания вихря при вращении плоского слоя. Плотность слоя убывает с высотой. Плоскость вихря $\text{rot } \vec{v}$ ориентирована в центральной плоскости слоя.

щимся масштабом, пока, наконец, не диссипирует в малых масштабах, в которых существенно омическое сопротивление. Процесс исчезновения крупномасштабного магнитного поля происходит быстро и характеризуется турбулентной магнитной вязкостью. Эффект аналогичен турбулентной диффузии. Величина коэффициента турбулентной магнитной вязкости (диффузии) в конвективной зоне Солнца β существенно превышает величину плазменной магнитной вязкости ν_m — и составляет, как показывают расчеты, $\sim 3 \cdot 10^{12} \text{ см}^2/\text{с}$. В этом случае характерное время изменения крупномасштабного магнитного поля $\tau = l^2/\beta$ будет порядка периода солнечного цикла.

Казалось бы, основная причина изме-

нения общего магнитного поля найдена. Но не следует забывать, что турбулентная магнитная вязкость уничтожает крупномасштабное поле, не возрождая его вновь. Необходимо выяснить, какой механизм создает это поле.

Простейшим генерирующим элементом может служить вращение Солнца. Твердотельное вращение, т. е. вращение Солнца как целого, ни к чему не приведет, поскольку Солнце делает полный оборот вокруг своей оси за время чуть меньшее месяца, и магнитное поле в течение



Подъем и поворот петель магнитного поля $\vec{B}$ за счет мелкомасштабных движений; $\vec{I}$ — ток, текущий параллельно $\vec{B}$.

многих десятков оборотов можно считать полностью «вмороженным» в вещество и вращающимся с той же угловой скоростью. Иначе обстоит дело, если вращение не твердотельно, т. е. угловая скорость зависит от радиуса или широты. Представим себе многоярусное множество каруселей, вращающихся в одну сторону вокруг общей оси. Причем карусели расположены на различных радиусах и вращаются с различной угловой скоростью, верхние ярусы вращаются медленнее нижних. Если к тому же внутреннюю часть этой конфигурации заставить вращаться как целое, мы получим грубую механическую модель вращения одного из полушарий Солнца.

Широтная зависимость поверхностной угловой скорости Солнца — это уста-

новленный факт. Систематические наблюдения пятен показывают, что солнечный экватор примерно на 2 сут обращается быстрее, чем высокоширотные области. Но закон распределения угловой скорости в конвективной зоне до конца не выяснен. Теоретические расчеты показывают, что угловая скорость должна зависеть и от радиуса, и от широты. Однако даже знак $d\omega/dr$ остается в настоящее время предметом острых дискуссий. Но отложим пока вопрос о том, является ли вращение по мере продвижения в глубь конвективной зоны ускоренным или замедленным, и вернемся к магнитному полю.

Дифференциальное, т. е. нетвердотельное, вращение обладает важным генерирующим свойством. Пусть для простоты угловая скорость ω зависит только от радиуса и уменьшается с ростом r . Если в некоторый начальный момент задать магнитное поле, расположенное строго в меридиональных плоскостях, например дипольное, то в силу того что поле «приклеено» к частицам среды и внутренние части Солнца вращаются быстрее внешних, с течением времени начнет образовываться азимутальный компонент магнитного поля. За полный оборот часть петли меридионального поля $\vec{B}_m$ дипольного типа превратится в две замкнутые магнитные силовые линии азимутального поля $\vec{B}_\varphi$, имеющие различный знак выше и ниже плоскости экватора. В дальнейшем $\vec{B}_\varphi$ будет усиливаться пропорционально времени. Исходную конфигурацию поля можно выбрать такой (квадруполь), что образующиеся замкнутые линии $\vec{B}_\varphi$ будут иметь одинаковый знак выше и ниже плоскости экватора. Описанный процесс «накручивания» азимутального поля впервые рассмотрен в 1956 г. Эльзассером и хорошо известен астрофизикам. Однако один лишь этот процесс не способен воспроизвести поле, он только показывает, как образуется поле $\vec{B}_\varphi$ из $\vec{B}_m$, а генерировать поле $\vec{B}_m$ должен некий источник — иначе поле просто затухнет.

Еще в 1955 г. Е. Паркер, а затем С. И. Брагинский показали, что генератором меридиональных компонентов магнитного поля могут служить несимметричные движения. Позже физик М. Штейнбек и его сотрудники Ф. Краузе и К. Редле выяснили физическую природу той симметрии турбулизированной проводящей жидкости, нарушение которой ведет к генерации магнитного поля. Они показали, что

должна нарушаться зеркальная симметрия жидкости, т. е. тождественность изображения и оригинала. Посмотрев на изображение покоящегося шара (или цилиндра) в зеркале, мы не увидим нарушения симметрии. Но если шар раскрутить, изображение его будет вращаться в противоположную сторону, т. е. симметрия нарушится. Представим теперь турбулизированную жидкость как совокупность отдельных вихрей, вращающихся в разные стороны. Тогда при отражении в зеркале направление вращения каждого вихря изменится на противоположное. Но если число вихрей, вращающихся вправо, равно числу левовращающихся вихрей, симметрия системы в целом не нарушится. Нарушение зеркальной симметрии, таким образом, должно быть связано с преобладанием левовинтовых или правовинтовых движений. Мы хорошо знаем о нарушении зеркальной симметрии в физике элементарных частиц, о зеркальной несимметричности молекул сахара и биологических систем, но преобладание левого или правого вращения в больших объемах турбулизированной жидкости может показаться необычным. В действительности, подобные свойства естественны в случае космических тел, а потому нарушение зеркальной симметрии скорее должно быть правилом, чем исключением. Зеркальная симметрия нарушается, если турбулизированная область вращается как целое, а ее плотность или эффективная скорость неоднородны.

Продemonстрируем возникновение преимущественного закручивания вихрей на простейшем примере вращающегося плоского слоя, плотность которого уменьшается от центральной плоскости вверх и вниз по вертикали и в котором возбуждена система поднимающихся и опускающихся вихрей (конвекция). Рассмотрим, например, поднимающийся вихрь, плоскость которого ориентирована параллельно центральной плоскости слоя. Поскольку плотность убывает с высотой, вихрь по мере подъема будет расширяться и у него появится горизонтальный компонент скорости v_r . Возникающий при этом момент кориолисовых сил $\sim 2\vec{v}_r \times \vec{\omega}$ вызовет закручивание вихря в сторону, обратную направлению вращения слоя. Опускающийся вихрь, следовательно, будет сжиматься и закручиваться по направлению вращения. Однако произведение возникающей завихренности на направление движения $\sim \vec{v} \cdot \text{rot} \vec{v}$ в обоих случаях будет одинаковым. Послед-

няя величина и характеризует нарушение зеркальной симметрии, т. е. появление преимущественно винтового закручивания. Она является псевдоскаляром, так как при преобразовании

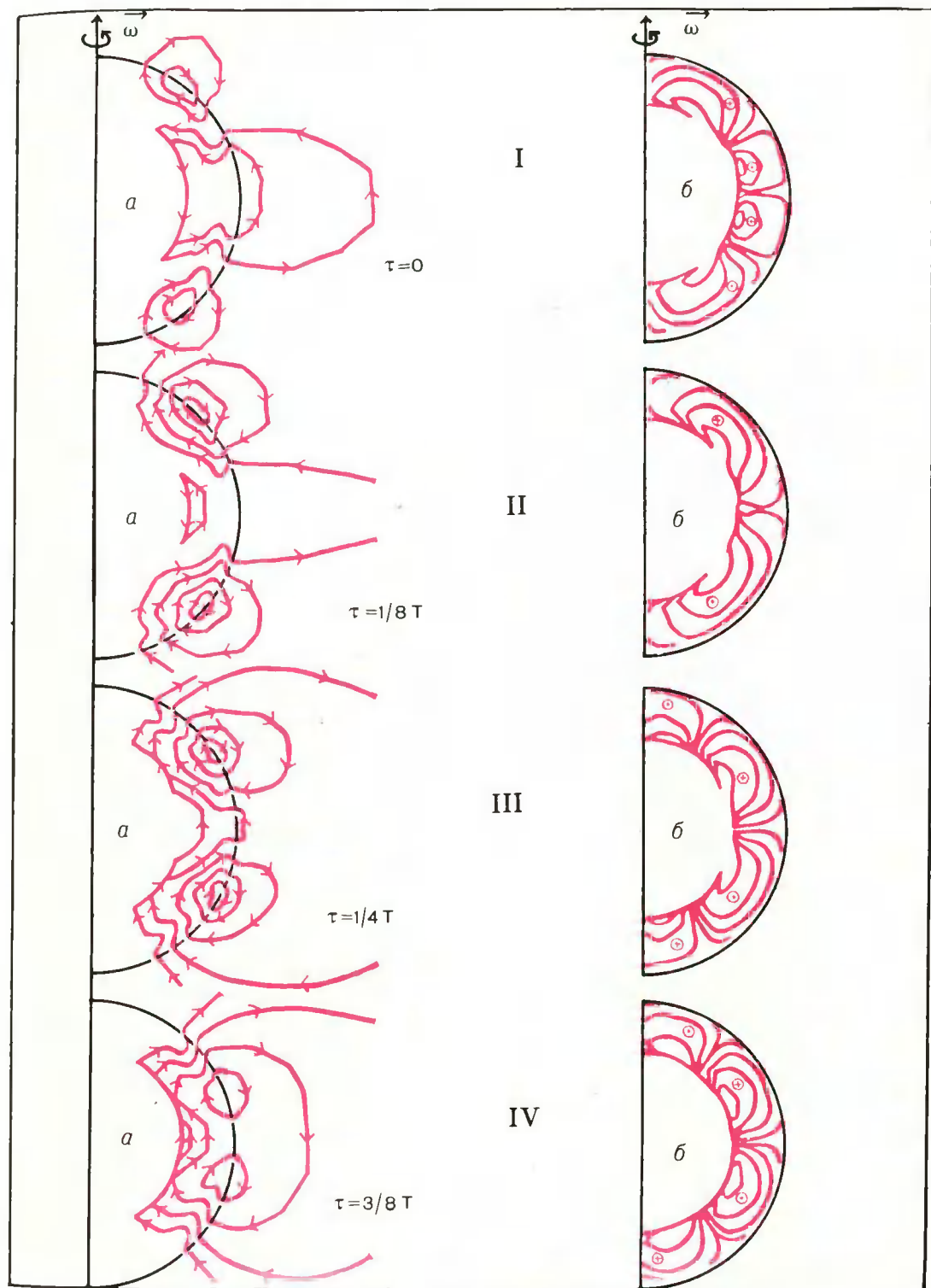
$$\vec{r} \rightarrow -\vec{r}, \quad \vec{v} \rightarrow \vec{v} \quad \text{и} \quad \text{rot } \vec{v} \rightarrow -\text{rot } \vec{v} \quad \text{произ-}$$

ведение $\vec{v} \cdot \text{rot } \vec{v}$ меняет знак. По аналогии из физики элементарных частиц (произведение спина на направление движения) его называют спиральностью, хотя сама эта величина и ее физический смысл известны в гидродинамике еще с прошлого века (К. Гаусс, 1833, У. Томсон, 1868). Обратим внимание, что в рассмотренном выше простейшем примере индуцированная кориолисовыми силами завихренность оказалась перпендикулярной первоначальному вихрю, т. е. результирующий вихрь можно представить себе, как два зацепляющихся вихря. С топологической точки зрения, такая система эквивалентна простому узлу. Можно доказать, что в отсутствие вязкости и сторонних сил (в частности, магнитных) полное число зацепляющихся вихревых линий (узлов) в жидкости сохраняется.

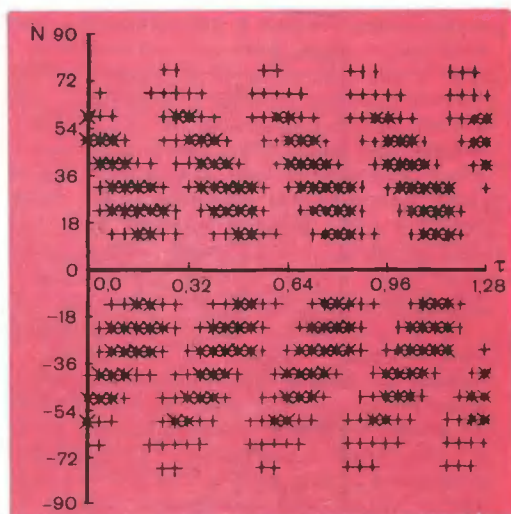
Штейнбек и др. показали, каким образом наличие спиральности приводит к генерации меридионального магнитного поля из азимутального. Мелкомасштабные спиралевидные движения приводят к подъему и повороту петель азимутального поля. Затем, вследствие диссипации, вновь образованные петли отрываются, растягиваются и сливаются, образуя, например, дипольное или квадрупольное магнитное поле, расположенное целиком в меридиональных плоскостях. На чисто электродинамическом языке генерирующее действие спиральности эквивалентно работе тока, текущего параллельно азимутальному полю $\vec{j} = \alpha \vec{B}$, где постоянная пропорциональности α характеризует спиральность и определяется величиной $\vec{v} \cdot \text{rot } \vec{v}$, усредненной по масштабам и временам, превышающим характерные корреляционные масштабы и времена турбулентности. Генерационное действие спиралевидных движений было экспериментально продемонстрировано в 1967 г. в Институте физики АН Латвийской ССР И. М. Кирко, А. Гайлитисом и др.

Теперь можно ясно представить себе схему генератора переменного крупномасштабного магнитного поля Солнца. Из исходного дипольного меридионального поля с помощью дифференциального вра-

Изменение магнитного поля в установившемся состоянии. Четыре «снимка» (I—IV) поля за половину периода $[T]$: начало выбрано произвольно; а — силовые линии меридионального поля [переменный диполь]; б — линии постоянного азимутального поля [«линии уровня»]. Знаки $\oplus$ и $\ominus$ отмечают направление азимутальных колец. Поле внутри лучистого ядра не показано, поскольку оно эффективно «заморожено» и почти не претерпевает изменений. Из рисунка ясно видно, что перестройка поля начинается у полюсов и «движется» к экватору.



щения в конвективной зоне создается азимутальное поле. При этом само меридиональное магнитное поле «стирается» турбулентной магнитной диффузией. Спиралевидные турбулентные движения, поднимающая и поворачивающая петли азимутального поля, создают новое дипольное поле, ориентированное противоположно первоначальному. Далее цикл замыкается. Расчеты конкретных моделей генерации должны были показать, сможет ли такая схема реализоваться в применении к реаль-



Бабочка-диаграмма. По оси абсцисс отложено время в условных единицах, по оси ординат — широта в градусах. Крестики на крыльях «бабочки» отмечают появление у поверхности Солнца магнитного поля определенной величины (например) $B > 1/3 B_{\max}$

ному Солнцу с правильной величиной периода 22 года.

МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦИИ И ЕЕ СРАВНЕНИЕ С НАБЛЮДЕНИЯМИ.

Период генерируемого магнитного поля можно грубо оценить как характерное время диссипации. Действительно, в установившемся колебательном состоянии время воспроизводства диполя определенного направления должно быть порядка времени «стирания» диполя противоположного направления. Однако, воспользовавшись приведенными выше значениями толщины конвективной зоны $h \leq 0,3 R_{\odot}$ и турбулентной магнитной вязкости $\beta \approx 3 \cdot 10^{12} \text{ см}^2/\text{с}$, мы получим, что характерное время диссипации поля в кон-

вективной зоне h^2/β не превышает 4—5 лет. Таким образом, в простейшем виде процесс протекает быстрее по сравнению с 22 (или 11) годами, и необходим какой-то механизм торможения. Оказалось, что он существует и связан с магнитной проницаемостью конвективной зоны.

В 1956 г. Я. Б. Зельдович показал², что в отношении крупномасштабного магнитного поля проводящая турбулизованная жидкость ведет себя как диамагнетик с очень низкой магнитной проницаемостью ($\mu \ll 1$) и вследствие этого обладает замечательным свойством «выталкивать» магнитные силовые линии к границам области. Таким образом, несмотря на крайне низкую проводимость, область генерации поля подобна сверхпроводнику, главную роль в котором играют именно магнитные свойства ($\mu \rightarrow 0$).

«Выталкивание» магнитных силовых линий приводит к тому, что характерное время изменения поля в конвективной зоне начинает зависеть от свойств приграничных областей. Поскольку конвективная зона граничит с лучистым ядром и проводящей атмосферой, где характерные времена изменения поля определяются плазменной магнитной вязкостью ν_m , период генерируемого поля удлинится.

Начало моделям генерации общего магнитного поля Солнца было положено работой Е. Паркера (1955). Немало сигнальных идей было высказано также Г. Бэбкоком, Р. Лейтоном и Р. С. Ирошниковым. Сама задача о генерации магнитного поля Солнца непосредственно связана с общей проблемой возможности систематической перекачки кинетической энергии вещества в энергию магнитную (магнитное динамо). Большой вклад в решение этой проблемы внесли советские ученые С. И. Брагинский, Р. С. Ирошников, С. И. Вайнштейн и др.

Качественно надежная основа использования механизма динамо в случае объяснения 22-летней цикличности общего магнитного поля Солнца создана.

В настоящее время с помощью ЭВМ проводятся расчеты конкретных моделей, максимально приближающихся к действительности. Одна из таких моделей генерации была недавно построена Т. С. Ивановой и автором этой статьи³. Угловая

² Зельдович Я. Б. — «ЖЭТФ», 1956, т. 31, с. 154.

³ Иванова Т. С., Рузмайкин А. А. — «Астрономический журнал», 1976, т. 53, с. 398.

скорость в ней была задана как функция радиуса, возрастающая в глубь конвективной зоны, вплоть до границы с твердотельно вращающимся лучистым ядром. Максимум спиральных движений был сдвинут к внешней границе конвективной зоны. Проводимость и магнитная проницаемость в конвективной зоне были существенно ниже, чем в лучистом ядре. В начальный момент распределение магнитного поля задавалось в виде азимутальных колец, имеющих различный знак выше и ниже плоскости экватора. После непродолжительного переходного режима устанавливалось стационарное колебательное состояние с дипольным меридиональным полем, если $\alpha \frac{d\omega}{dr} < 0$ — в Северном и

если $\alpha \frac{d\omega}{dr} > 0$ — в Южном полушарии. При обратных знаках этого параметра генерировалось поле квадрупольного типа. Поскольку в действительности наблюдается дипольное поле, то отсюда следует важнейшее ограничение на знак произведения

$\alpha \frac{d\omega}{dr} < 0$. Именно от знака $d\omega/dr$ зависит соотношение фаз колебаний меридионального и азимутального поля.

М. Стикс, проанализировав данные наблюдений для одного из солнечных циклов указал, что в Северном полушарии Солнца максимумы азимутальной компоненты поля предшествуют максимумам радиальной компоненты. Это достижимо в теории генерации только при $d\omega/dr < 0$. В рамках рассматриваемой модели расчет разности фаз для целого ряда точек в области генерации показал, что в Северном полушарии азимутальное поле опережает по фазе меридиональное, если угловая скорость растет в глубь конвективной зоны. Теоретические соображения указывают на положительный знак спиральности ($\alpha > 0$) в Северном полушарии и отрицательный в Южном. Из сравнения теории генерации общего поля Солнца с наблюдаемой картиной можно сделать важные заключения о характере движений внутри конвективной зоны.

Теоретический расчет показывает, что азимутальное поле более чем в 100 раз должно превосходить меридиональное. Этот факт хорошо согласуется с наблюдениями. Направление «движения» картины перестройки поля от полюсов к экватору связано с тем, что $\alpha d\omega/dr$ отрицательно в Северном и положительно в Южном полушариях. Правильно говорить также не о

колебаниях, а о волнах магнитного поля, движущихся в этих направлениях.

Важнейшую роль в генерации играет диамагнитный эффект. Именно благодаря «выталкиванию» магнитных силовых линий из конвективной зоны удается получить колебательное решение с периодом, близким к наблюдаемому (22 года). Отметим также, что колебания магнитного поля оказываются стабильными. Если, например, в результате изменений градиента угловой скорости или величины спиральности амплитуда колебаний начнет возрастать, то нарастающее магнитное поле само начнет подавлять генерирующие движения и раскачка колебаний прекратится. В описываемой модели стабилизация колебаний достигалась в духе принципа Ле-Шателье, учетом нелинейного воздействия магнитного поля на спиральность, как одну из главных причин генерации поля.

Описанная выше качественная картина генерации, подтвержденная модельными численными расчетами, правильно объясняет механизм периодического изменения общего магнитного поля Солнца, который, по-видимому, является задающим звеном солнечного цикла. Поэтому одна из важнейших задач заключается в установлении количественных связей между колебаниями общего магнитного поля и всеми главными проявлениями солнечной активности. Пока остается необъясненным происхождение секторного поля Солнца. Возможно это одна из неаксиально-симметричных гармоник поля, которая возбуждается в тех же условиях, что и общее осесимметричное дипольное поле. Напомним еще раз и о сильных мелкомасштабных полях. Поэтому вопрос о природе магнитных полей на Солнце продолжает волновать умы исследователей.

УДК 523.76

Волокнистая структура остатков Сверхновых

К. В. Бычков

Кандидат физико-математических наук

Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР
Станица Зеленчукская

В ходе наблюдения остатков Сверхновых, выполненных в последние годы, обнаружилось, что скорость газа в этих областях, измеренная в рентгеновском диапазоне спектра, в несколько раз выше, чем скорость, определяемая по эффекту Доплера в эмиссионных линиях оптического спектра. Поэтому встал вопрос: какие массы газа мы наблюдаем в оптике и в рентгене.

Остатки Сверхновых при разлете в межзвездной среде создают впереди себя мощные ударные волны (назовем их внешними). За фронтом такой волны температура и давление газа скачком увеличиваются в десятки раз и нагретый газ начинает светиться. Важная величина, характеризующая эволюцию остатка, — скорость его расширения. О ней можно судить как по доплеровскому смещению линий в оптической области спектра, так и по спектру остатка в рентгеновском диапазоне.

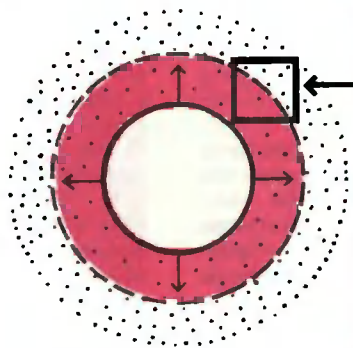
Однако, как уже упоминалось, обнаружено несоответствие между «доплеровскими» и «рентгеновскими» скоростями: первые, как правило, не превышали 100 км/с, в то время, как вторые были значительно больше 150—200 км/с.

Отправной точкой разрешения этого противоречия служит факт крайней неоднородности межзвездного газа: в нем есть как разреженные, так и небольшие очень плотные области. Сами остатки Сверхновых выглядят как системы тонких переплетенных волокон (поэтому очень часто их называют также тонковолокнистыми туманностями).

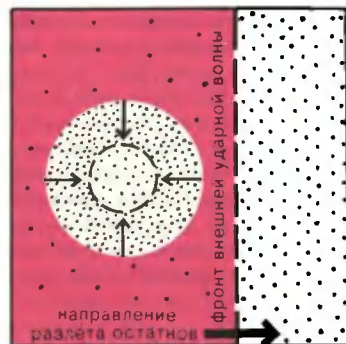
Что же произойдет, ког-

да на пути разлетающегося газа встретится область с большой плотностью, так называемая конденсация? Из-за большой инерции она не увлечется вслед за расширением остатка, а остается на месте и мимо

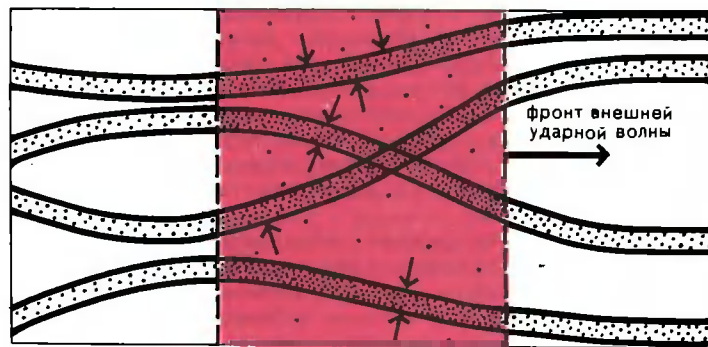
нее пролетают слои, подхваченные внешней ударной волной. Вот они и дают рентгеновское излучение. В процессе перемещения эти слои временно обжимают конденсацию, а так как их давление значитель-



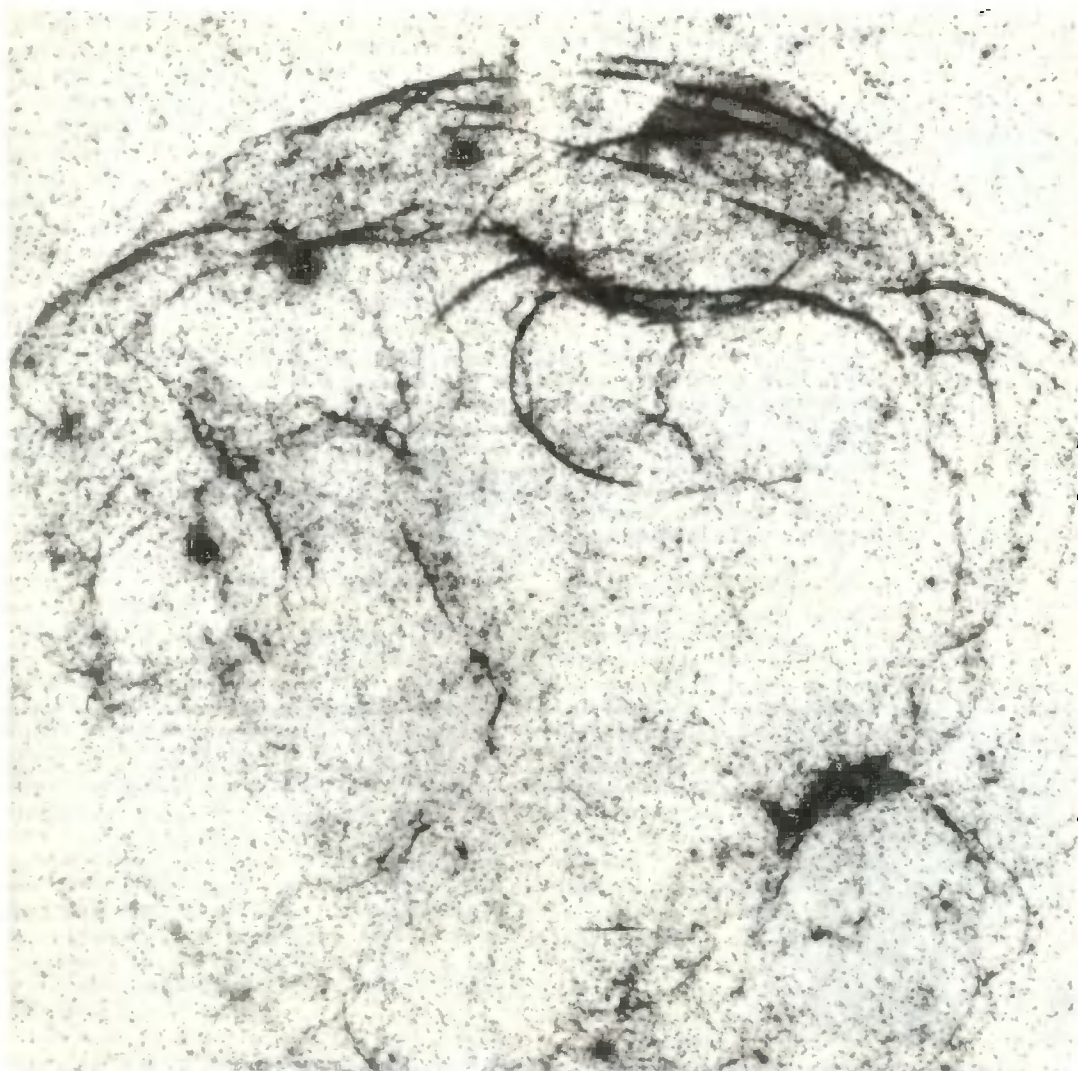
слева — разлет остатка Сверхновой в однородной среде. Пунктир — фронт ударной волны; внешнее кольцо — невозмущенная межзвездная среда; внутреннее кольцо — газ, нагретый ударной волной. Внутри окружности, проведенной сплошной линией, практически нет межзвездного газа — он «выметается» остатком. Стрелки пока-



зывают направление разлета. Справа — обжатие конденсации [фрагмент разлета остатка Сверхновой]. Стрелки указывают направление внутренней ударной волны, обжимающей конденсацию; пунктир — фронт внутренней волны; внутри пунктира — невозмущенная среда. Внутренняя ударная волна значительно медленнее внешней.



Волокнистая структура остатка Сверхновой.



Фотография тонковолокнистой структуры туманности — остатка Сверхновой S-147.

но больше давления внутри конденсации, то в ней также создается ударная волна (ее мы назовем внутренней, в отличие от первой, внешней). Газ за фронтом внутренней волны высвечивается и дает начало оптическому излучению. Из-за большей плотности конденсации скорость внутренней волны меньше, чем и объясняется различие между «оптическими» и «рентгеновскими» скоростями. В конце концов конденсация «проваливается» внутрь остатка и перестает светиться. Но внешняя волна захватывает и обжимает все новые конденсации. В резуль-

тате в каждый момент времени в остатке Сверхновой видна ажурная волокнистая структура.

В заключение надо сказать, что еще не совсем понятно, как образовались наблюдаемые конденсации, и требуется дальнейшая работа по выяснению их природы.

УДК 523.84

Миф. Технология. Наука

А. Е. Левин

В предыдущих номерах нашего журнала (№ 1 и 2, 1977) были опубликованы статьи П. П. Гайдено и Г. А. Курсанова, посвященные проблемам происхождения науки. В них шла речь о становлении математических представлений и взглядов на истину и истинное познание у древних греков, сыгравших большую роль в формировании науки в ее современном понимании. В публикуемой статье представлена попытка осмыслить причины, приведшие к появлению науки именно в древнегреческом обществе.



Алексей Ефимович Левин, кандидат философских наук, младший научный сотрудник сектора диалектического материализма Института философии АН СССР. Работает над проблемами гносеологии, теории науки и семиотики. В «Природе» опубликовал статьи: Неизбежное после (1976, № 4), Модель науки «в первом приближении» (1976, № 10).

Зададим себе для начала отнюдь не праздный вопрос: могла ли человеческая история сложиться вне научного прогресса? Весь наш ежедневный опыт властно восстает против такого предположения. Однако здесь как нельзя более уместно вспомнить знаменитые слова Ф. Энгельса об ограниченной применимости здравого смысла: историческая истина состоит в том, что наука — это довольно позднее и при том локальное порождение цивилизации. В Египте, Месопотамии, Индии, Китае, Центральной и Южной Америке существовали великие культуры, накопившие гигантское богатство производственных навыков и знаний, но не создавшие науки в собственном смысле этого слова.

Пример Китая в этом отношении осо-

бенно показателен. Несмотря на высочайшее развитие технологии, обгонявшей вплоть до XV в. западноевропейскую, на почве Поднебесной империи не возросло ничего подобного тому, что оказалось необходимой подосновой возникновения науки. Китай дал миру порох, компас и книгопечатание, механические часы и технику железного литья, точную картографию и арочные мосты, фарфор и бумагу. Китайцы смогли развить великолепную технику вычислений и применить ее во многих областях практики. Однако все созданное китайской культурой разнообразие форм познавательной деятельности, хотя и имитирующее подчас в наших глазах научное знание, было по своей сущности чем-то глубоко от него отличным.

Наука — это ведь прежде всего не сами результаты, но методы их достижения и осмысления, она неотделима от критического отношения к корректности ставящихся ею (или перед ней) проблем и путей, ведущих от этих проблем к решениям, от уже упомянутой выше методологической рефлексии. Наука неотделима от аналитического отношения к миру непосредственного опыта, от стремления увидеть за явлениями управляющие ими общие закономерности, не данные в этом опыте, и поэтому нуждающаяся в новых формах их символического представления, равно как и новых способах их мысленного воплощения. Наука неотделима, таким образом, от установки на общезначимость ее принципов, установки, реализация которой приводит каждый раз к осознанию ограниченности и исторической относительности этой общезначимости, закрепляемой в методологии науки и делающейся важнейшей составляющей научного познания.

Наука в итоге неотделима от достижения специфического уровня абстрагирования, уровня оперирования не с самими эмпирически данными объектами внешнего мира, но с их идеальными прообразами, являющимися основными носителями нового типа знания. Ничего этого в сколько-нибудь развитых формах не существовало в цивилизациях Востока и Америки. И, напротив, та «критическая область» в пространстве и времени, где было суждено зародиться научному мышлению (место — Греция и ее колонии в Малой Азии и Италии, время — VI—V вв. до н.э.), не может претендовать на особую развитость технологии.

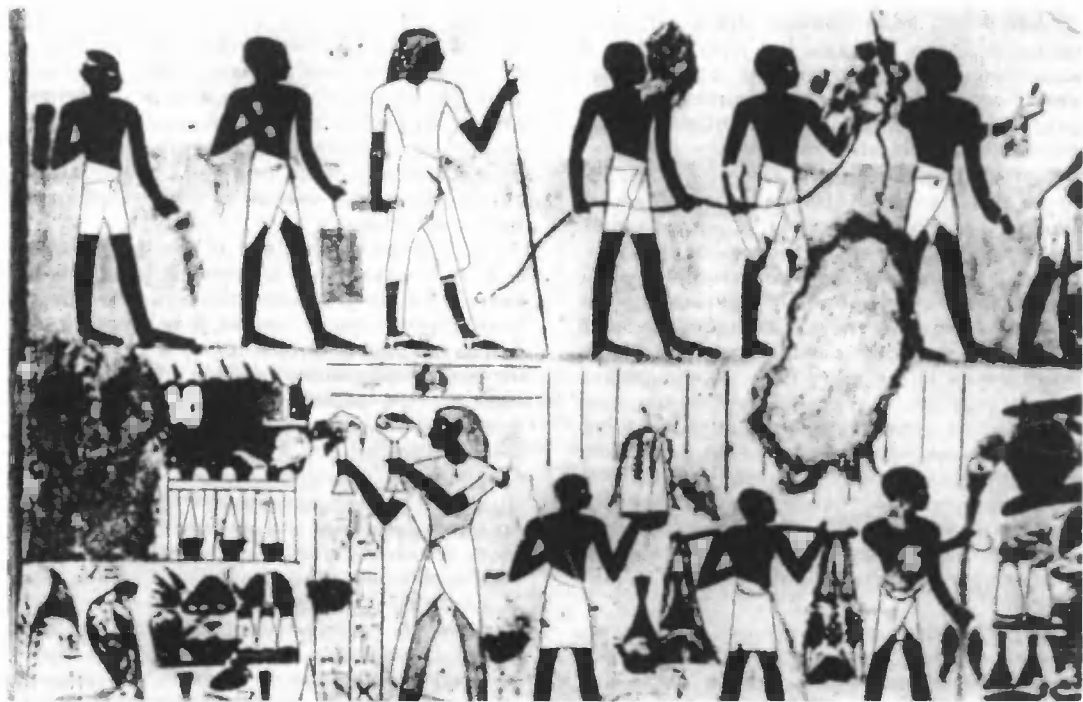
Попытаемся это обдумать. Совершенно очевидно, что общество не может существовать без материального производства и, следовательно, без знания каких-то способов, обеспечивающих его функционирование. Общественное бытие может развиваться, если общественное сознание находит способ преодоления в своей сфере и конечности существования, и опыта отдельной личности, что дает высшую санкцию этруму бытию. Именно поэтому уже самые «примитивные» (при всей относительности этого термина) социумы вырабатывают универсальные для них модели мира, расширяющие его границы до каких-то абсолютов и санкционирующие нормы его бытия, а также ставят перед собой коррелируемые этими моделями цели, стремятся к выработке способов их осуществления. Такие способы естественно

назвать (вслед за Ст. Лемом) технологиями¹. Можно говорить о технологиях в сфере материального производства, военного дела или политической жизни. Развитие общества немислимо без существования какого-то арсенала технологий, без его обогащения и, естественно, без передачи технологических знаний от одного поколения к другому.

Забудем пока что о мировых моделях и рассмотрим несколько подробнее технологическую деятельность. В основе этой деятельности лежит, как только что было отмечено, стремление к реализации каких-то санкционированных общественной идеологией целей. Поэтому технологическая деятельность в своей основе прагматична: «законность» сохранения и развития любых технологических схем оправдывается только успехом их практического применения. Все, что создает технология, будь то «материальные» инструменты или «абстрактные» рецепты вычислений, осмысливается и закрепляется в памяти человеческих коллективов, прежде всего в плане связанной с этой технологией прагматики; выходящее за пределы последней является для технологического мышления чем-то вторичным и, во всяком случае, факультативным. Поскольку и цели технологической деятельности, и ее результаты получают, таким образом, внешнюю санкцию, сама эта деятельность может развиваться спонтанно, не ставя под вопрос нормы и принципы собственного существования и функционирования. Технологии, так сказать, нет нужды задумываться о собственных пределах; развиваясь, технологическое мышление не создает принципиально отличных от себя форм.

Скажем, в древнем Вавилоне была создана развитая арифметика, на базе которой удалось разработать тонкие способы геометрических измерений и обработки астрономических наблюдений. Однако развивалась эта арифметика подобно любой отрасли ремесла: путем постепенного накопления эффективных в конкретных практических ситуациях рецептов вычислений. Отдельные попытки обобщения этих рецептов, возможно, и делались, но они никогда не переходили в осознан-

¹ Ст. Лем определяет технологии как «обусловленные состоянием знаний и общественной эффективностью способы достижения целей, поставленных обществом». См.: Лем Ст. Сумма технологий. М., 1968, с. 23.



Изображение на могиле Джесеркере-сонб в Фивах (Верхний Египет). Датируется 1567—1310 гг. до н. э. На верхней части изображена процедура установления границ земельных участков. Характерно, что математические знания египтян, носящие форму рецептов для решения практических задач, развиваются параллельно с требованием в искусстве пытаться дать возможно наиболее детальное воспроизведение изображаемого предмета.

ные поиски нового видения мира чисел. С другой стороны, и вавилонская астрономия была (если отвлечься от ее религиозного содержания) лишь средством для удовлетворения определенных потребностей государственного управления и хозяйственной жизни, т. е. опять-таки была деятельностью технологического типа. Вавилонские астрономы умели составлять календарь и предсказывать разливы рек, они, как и китайцы, создали филигранную технику для описания видимых движений светил, но осмысление эта техника получила на чисто рецептурном уровне, не возвышающемся над знанием употребляющихся здесь приемов.

В Индии религиозные каноны требовали строгого постоянства звучания священ-

ных санскритских текстов, и ради этого была изобретена великолепная, поражающая еще лингвистов прошлого века своей детальностью грамматика, которая позволила очень точно описывать звуковой план языка. Однако эта грамматика была, аналогично вавилонской математике, плодом чисто технологического мышления, действующего по схеме «цель — средство». Индийские составители грамматики прекрасно умели сопоставлять различным состояниям голосового аппарата человека порождаемые ими звуки, но фигурировали эти звуки в их учении как чисто физико-акустические. Технологическое мышление, создав «способ звукозаписи», не нуждалось в переходе на более высокий уровень абстракции. Уже в нашем веке, после создания теоретической фонологии, было отмечено, что «индийский путь» создает в этом отношении тупиковую ситуацию: возможность группирования звуков не по признаку физического сходства, но по критерию их языковой эквивалентности (в чем и состоит основной принцип фонологии) здесь с самого начала оказывается блокированной.

Попытаемся теперь сформулировать вывод. Потребности практической жизни сами по себе порождают не научный, а технологический подход к материалу, и они же вполне удовлетворяются теми возмож-

ностями, которые он предоставляет в их распоряжение. И это вполне закономерно: специфика научной деятельности, что необходимо еще раз подчеркнуть, лежит в плане выбора путей, ведущих к достижению определенных результатов, технологию же интересуют лишь сами результаты. Даже в наше время, когда наука и технология взаимно обуславливают друг друга, эта грань отнюдь не стерлась, ибо мы имеем здесь два различных и в своих системопорождающих основах независимых типа познавательной деятельности.

Технологическое мышление альтернативно научному именно в своей «методологичности»: технологический подход к реальности не нуждается в иных обоснованиях, кроме прямой результативности. Его интересует лишь то, как получить желаемый результат, как можно сделать то, что нужно сделать.

Наука постоянно выталкивает из своей сферы полностью апробированные результаты, относя их к постнаучному знанию; технология, напротив, лишь такие результаты и способна адаптировать, и уже освоенные ею рецепты, так сказать, неотменимы. Они могут, конечно, заменяться более эффективными, но их истинность никогда не ставится под сомнение, ибо для технологического мышления истинность доказывается абсолютно, просто ссылкой на результаты, к которым приводит следование этим рецептам. Технологическая деятельность способна накопить гигантский эмпирический материал, она может отлиться в формы, имитирующие для обывденного сознания самое науку, но методология обязана видеть всю глубину разделяющего их барьера.

Развитая наука обязательно начинает взаимодействовать с технологией, многократно ускоряя темпы ее изменений, но «голая» технология не превращается в науку, подобно тому как не превращается в лед идеально чистая вода, даже будучи охлаждена ниже нулевой температуры. Чтобы вода могла заледенеть, ей необходим хотя бы мельчайший зародыш кристаллической структуры, и такой же зародыш, содержащий в себе существенные элементы нового отношения к миру, оказался нужен и человеческой культуре.

Двадцать пять веков назад на берегах восточного Средиземноморья было положено начало величайшему приобретению цивилизации — возник крохотный росток, из которого было суждено развиться могучему древу современной науки. Но чтобы понять, на какой почве он возрос,



Писец. Известняк. Около 2500 г. до н. э. Писцы занимали важное положение в обществе благодаря умению оперировать с числами при решении практических задач. [Луар.]

нам придется вернуться к началу нашего обсуждения.

Ранее уже говорилось о невозможности для любого социума существовать без соотношения своего бытия с глобальной моделью мира, компенсирующей ограниченность человеческого существования и конечность индивидуального опыта, дающей высшую санкцию смыслу человеческого существования и основополагающим началам человеческой деятельности. С первых своих шагов по земле человек всегда стремился выйти за пределы того знания, которое он накапливал в ежедневной борьбе с враждебными, а точнее, с глубоко безразличными к нему, но бесконечно превосходящими его по могуществу силами природы, стремился понять и объ-



Кожанный свиток, содержащий перечень простых соотношений между дробями. Найден вблизи заупокойного храма Рамзеса II в Фивах. Датируется примерно 1700 г. до н. э. (Британский музей.)

яснить устройство мира во всей его абсолютной завершенности. Это стремление отлилось в существовании общего для всей ранней истории человечества типа мировых моделей, единой системы мировосприятия — оно отлилось в мифе. Миф задавал ту базу идеологических координат, в которую укладывались все человеческие представления о высших, замыкающих совокупность данных в непосредственном опыте вещей и явлений, формах бытия.

В современной терминологии можно интерпретировать миф как набор онтологических гипотез, но для человека того времени это была скорее сумма аксиом об основных началах сущего, устойчиво передававшаяся из поколения в поколение и



обеспечивающая преемственность социальной жизни.

Не следует впадать в ошибку просветительства, полагая миф «бесполезным», «ложным» знанием, «самообманом примитивного человека» или чем-то подобным. Дело не в том, что надо «защитить» миф перед лицом современного знания (он и не нуждается в защите), а в неисторичности самой исходной точки зрения.

Мифологическое мышление было необходимым этапом культурной эволюции человечества. Законченный универсализм мифа поглощал все содержание духовной сферы человеческого существования, не оставляя ничего под вопросом. Миф скреплял и освящал любые формы

человеческой деятельности. Благодаря тому что вся хозяйственная и социальная деятельность людей получали в мифе свое высшее объяснение и высшую санкцию, он служил как бы матрицей памяти, на которой закреплялись полезные для человека и человеческого общества знания. В частности, все технологические нововведения должны были получить мифологическую интерпретацию, должны были спроецироваться на плоскость мифологической модели мира, сделавшись частями ее высшего единства.

Конечно, мифологизирование технологии с течением времени постепенно ослаблялось; усложняясь, она постепенно вырабатывала относительно независимые способы закрепления знания, мифологическая окраска которых была скорее данью традиции. Однако, даже отделяясь от мифа, технология ему не противоречит и с ним не конфликтует. Технологическое мышление оказывается совместимым с мышлением мифологическим. Это может поначалу показаться странным: ведь технология демонстрирует эффективность своих решений, миф же только объясняет сущность всего происходящего, апеллируя при этом к высшим, внеопытным силам. Однако — и это принципиальный аспект — оба типа мышления равно универсальны: подобно тому как для технологии нет неправильно поставленных задач, для мифа не существует необъяснимых вопросов. Именно поэтому технология всегда способна найти в мифе свое оправдание (и многие современные мифы великолепно это доказывают), миф же способен ассимилировать любые достижения технологии. Следовательно, технологический прогресс, даже отдаляясь от своей мифологической основы, не разрушает ее.

Универсализм технологии и мифа порождает между ними много глубинно общих черт. Оба типа мышления не испытывают потребности задуматься о собственной природе, не стремятся взглянуть «сверху» на вырабатываемое ими знание. Технология, для которой все задачи в принципе подобны друг другу, интересуется лишь получением нужных результатов; миф, объясняя все, не нуждается в собственном оправдании и объяснении. Древнему мастеру было важно лишь знать, что из-под его рук выйдет определенная вещь. Современному инженеру, вероятно, окажется необходимой информация о причинах и конкретном ходе технологического процесса. Но оба они могут при вы-

полнении своих функций не задумываться о принципах и границах самой технологической деятельности. Аналогично и сознание, замкнутое на мифологическом мировосприятии, не станет стремиться выйти за пределы содержащихся в мифе объяснений. В том-то и суть мифа, что «изнутри» он всегда видится как нечто абсолютное и окончательное. Чтобы понять невозможность абсолютных объяснений, надо выйти за рамки не только конкретной суммы мифологических образов (они-то как раз могут еще оставаться), но мифологического отношения к миру.

Пример греческой философии в этом отношении очень показателен: ее мифологическая окраска сохранялась еще и тогда, когда основные структуры принципиально немифологического мировосприятия были уже найдены и усвоены. Другим примером, иллюстрирующим обратную ситуацию, может быть успех недавно просмотренного по нашим экранам фильма «Воспоминания о будущем», предлагающего вполне мифологическую, несмотря на ее сверхсовременное убранство, схему происхождения дошедших до нас памятников древних земных цивилизаций.

Теперь нам необходимо остановиться на одной важной особенности мифологического мышления. Миф не мог не отразить в себе очень рано вошедшую в сознание людей идею взаимозависимости явлений окружающего мира. Осознание того, что течение событий не произвольно, но подчиняется каким-то регулярностям, закрепление этого понимания в культурной памяти человечества было, вероятно, одним из важнейших приобретений его ранней истории. Это закрепление произошло на базе мифологического восприятия. Более того, можно высказать предположение, что само становление мифа происходило параллельно с процессом такого закрепления, являясь как бы его выражением и оформлением. Поэтому для мифа вопрос о первоначалах явлений оказывается естественным и необходимым: всеобъемлющие объяснения должны замыкаться на каких-то последних, всеобщих и единых для всего сущего источниках его бытия.

Конечно, сами первоначала варьировались в различных мифологиях: если греческая культура нашла объяснение возникновения мира как переход от царства слепого случая, Хаоса, к Космосу, упорядоченному миру, управляемому волей олимпийских богов, то для китайской мифологии идея божественного диктата бы-

ла чуждой, и становление мира она видела как борьбу двух начал, возмущающих и восстанавливающих высшую гармонию бытия. Таким образом, если «китайский вариант» первоначал выражал, используя современную терминологию, идею динамического равновесия альтернативных тенденций, идею гомеостаза, то «греческий вариант» задавал идею управления, осуществляющегося внешним источником.

Это различие окажется существенным для нашего последующего рассмотрения; пока же лишь отметим, что традиция поисков управляющих первоначал сохранилась и в ранней греческой философии, которая, постепенно отдаляясь от мифа, все же не могла не сохранять в силу преемственности некоторые его черты.

Первая по времени линия поисков первоначала связана в античной философии, как известно, с милетской школой. Милетцы впервые отказываются от идеи божественной природы первоначал, стремясь объяснить происхождение мира естественными, постигаемыми разумом причинами. Вряд ли нужно доказывать громадное значение этого скачка человеческой мысли: ведь освобождение сознания от мифологических структур есть важнейшее условие на пути его эволюции. Однако у милетцев такое освобождение происходит на уровне поверхностных конструкций: внутренняя структура созданной ими объяснительной схемы сохраняла существенные черты мифологической парадигмы.

Отказывая первоначалам в сакральности, милетцы принимают определяющий для греческой мифологии принцип выведения воспринимаемого мира из единого универсального источника, стоящего выше любых объяснений. Для Фалеса таким источником является вода, для Анаксимена — воздух, для Анаксимандра — беспредельная неоощуцаемая субстанция (апейрон).

Таким образом, милетцы редуцируют в своей философской системе универсализм мифа, его направленность на создание всеобщих и не нуждающихся в обосновании моделей бытия. Это обстоятельство необходимо влекло за собой образный, метафорический характер даваемых ими объяснений. Заменив божество единой субстанцией, милетская философия как бы поменяла точку отсчета, но сохранила основные черты самой системы координат: здесь уже нет внешнего содержания мифа, но прослеживается инвариантная схема мифологического подхода к объяснению мира. Радикальный сдвиг,

знаменующий переход к иной парадигме, еще не произошел².

Сдвиг этот связан с деятельностью другой школы, куда более обширной и долговременной, — союза пифагорейцев³. Достижения великих математиков античности (Теодора, Тезета и Евдокса), общеизвестны; однако основы нового подхода к математическим объектам зародились значительно раньше, где-то на рубеже VI и V вв. до н. э., и именно они дали первый росток действительно научного мышления.

Величайшее достижение пифагорейцев состояло в изобретении новых принципов оперирования с «материалом» их деятельности, принципов, изменивших и сам этот материал и придавших ему недостижимое в «технологическом» подходе самостоятельное бытие. Пифагорейцы впервые стали сознательно стремиться не демонстрировать эмпирическую адекватность своих построений, а доказывать их, причем способом, не вызывающим никаких сомнений или возражений. Именно логический, точнее логико-дедуктивный, стиль мышления, состоящий в максимально точном определении исходных гипотез и в извлечении из них логических следствий, согласно хорошо определенным способам рассуждений, показателен для современной науки. Тем более поразительно, что в своих основных особенностях этот стиль сформировался у пифагорейцев уже к середине V в. до н. э.!

Математики, работавшие столетием позже, использовали дедуктивный метод уже как вполне традиционный способ получения математического знания. Великий Евклид придал ему аксиоматическую форму, но и здесь он развил идеи, найденные пифагорейцами (по некоторым данным, аксиоматический подход содержался уже в трактате Гиппократы из Хиоса, написанном в середине V в. до н. э.). Сформировалась определенная система теоретического мышления, теоретического освоения «под-

ведомственных» математике абстрактных объектов. Дальше эта система могла развиваться под влиянием логики возникавших здесь проблем.

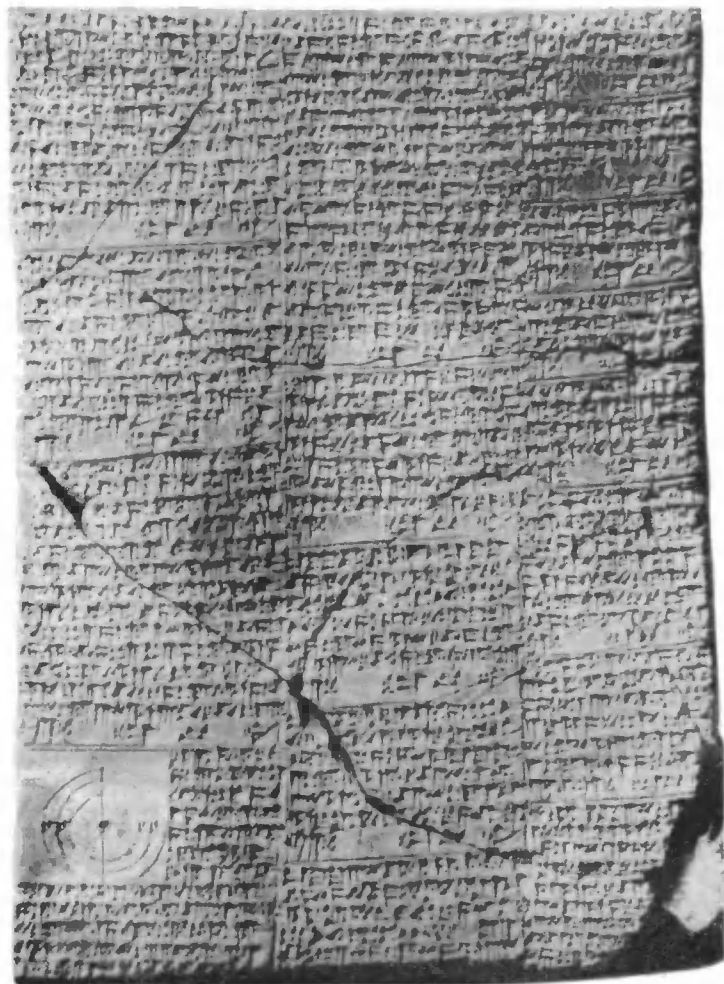
Конечно, античная математика еще не была наукой, описывающей реальный мир (она и возникла-то на базе отрицания любой эмпирической направленности), но она уже содержала в себе такие принципы мышления, которые сделались впоследствии ядром научно-теоретического отношения к реальности. Что послужило толчком к возникновению дедуктивного метода? Ответить на этот вопрос нелегко: первые математические тексты утеряны, а в позднейших он предстает в завершенном виде. Но если история бессильна, должна, помочь логика. Попробуем реконструировать вероятный ход этого процесса.

Не столь уж важно, что пифагорейская школа возникла на несколько десятилетий позже милетской. Гораздо существенней подоснова этого возникновения. Прежде всего следует отметить, что у пифагорейцев более явно прослеживается преемственность между их философскими концепциями и традиционными мифологемами. Но выбор мифологем уже иной. Пифагор вывез с Востока не только арифметические и геометрические знания — он познакомился там с очень древними мифологическими традициями, связанными, как было замечено ранее, с сакрализацией чисел. Следует отметить, что греческая культура была вполне подготовлена к восприятию подобных инноваций. Широко распространившийся к этому времени культ Диониса также (хотя и не столь явно) содержал в себе элементы такой сакрализации. Пифагор сделал следующий шаг: заимствованная от античного мифа традиция поисков управляющих первоначал была спроецирована им на восточную жреческую мудрость. Так возник основной элемент его учения: первоначало мира есть число. Мировой порядок создан числовой гармонией и управляется ею. Число священо, число — высшая сила мироздания. В понимании отношений между числами — высшее знание и высшее благо.

Не следует спешить с высоты XX столетия высмеивать наивность пифагорейского учения. Задумаемся о последствиях увиденной им перспективы. Скачок мысли Пифагора как бы оторвал числа от грешной Земли, от инструментального использования, поднял их в горную вышину очищенными от всего низменного, бренного, переходящего. Числа у него — уже не инструменты хозяйственной практики, не длины

² Фалеса традиция считает великим геометром. Хотя вряд ли сейчас можно с достоверностью определить, что он сделал сам, а что заимствовал с Востока, несомненно, по стилю своего мышления он не выходил за пределы технологического, инструментально-эмпирического отношения к числам и фигурам.

³ Подробнее см.: Гайденоко П. П. Как возникла наука. — «Природа», 1977, № 1.



Древневавилонский клинописный текст. На изображенном участке содержится 16 задач с решениями, относящиеся к расчету площади, валов, колодцев. Задача, снабженная чертежом, относится к расчету кругового вала. (Британский музей.)



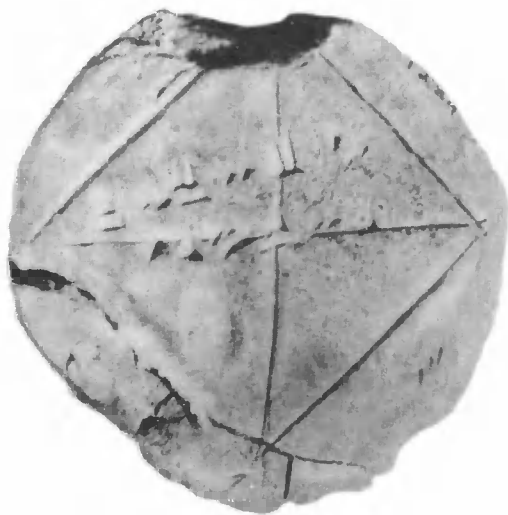
Древневавилонский клинописный текст, содержащий перечень прямоугольных треугольников с рациональными сторонами. (Плимptonовская библиотека Колумбийского университета.)

веревки и не веса мешков с зерном, но вечные и неизменные сущности, бытие которых не зависит от попыток людей использовать их в своих целях. Пифагорейцы, таким образом, впервые осмысливают числа и геометрические фигуры как абстракцию: число пять — это уже не пять лошадей и не пять мешков, но просто пять как самостоятельная сущность, бытие которой лежит над непосредственным опытом, хотя и может проецироваться на него.

Приписывание числу роли универсального первоначала дало толчок к возникновению установки на изучение совокупности чисел как новой целостности — ведь именно ее внутреннее устройство, ее структура зашифровывает в себе порядок мироздания. Следовательно, постигая устройство этой целостности, постигая отношения чисел, человек может приблизиться к пониманию основ бытия. Эта идея породила у пифагорейцев направленность на изучение числового ряда как абстрактной системы, изучение, которое заведомо не могло производиться «по-вавилонски», т. е. посредством накопления опытных приемов и выведения из них каких-то полезных на практике рецептов.

Задумаемся теперь над последствиями происшедшего. Пифагорейцы увидели перед собой поражающий своей правильностью и законченностью, уходящий в бесконечность ряд чисел, увидели многообразие идеальных, свободных от какого-то земного воплощения, геометрических фигур, нашли высший смысл существования в постижении устройства мира математических абстракций. Это была Истина, которую предстояло узреть. Но как можно было убедиться в том, что это — Истина? Ее нельзя было отныне взвесить или ощупать, в ее существовании следовало убеждаться иными путями, и опыт технологического мышления был здесь бессилен. Бессилен был и опыт мифологического объяснения. Истина мифа — это истина непрекращаемых традиций, истина того, что известно изначально, ясно всем посвященным и не может быть поставлено под сомнение. В мире чисел и фигур не было ни ясности, ни заранее заданной определенности — путь к ним еще только предстояло обнаружить.

Остановимся теперь на одном важном обстоятельстве. Пифагорейцы образовали союз — собрание людей, которые должны были общаться друг с другом, вырабатывать коллективные суждения и удостоверяться в их истинности (а существование такой истины изначально предполагалось).



Квадрат с диагоналями. Древневавилонский клинописный текст. [Из коллекции Иельского университета.]

лось!). Достоверность математики не могла принадлежать одному единственному разуму, неизвестно какими путями увидевшему ее и не нуждающемуся ни в каких обоснованиях, кроме собственной уверенности — она должна была стать разделяемой истиной сообщества. То, в чем убеждался один, надо было сделать несомненным для многих. Мир чисел и фигур был, по исходной установке, умпостижаем всеми. Авторитет Учителя мог указать путь к такому постижению, но не в силах был заменить работу разума, потребную для проникновения в его устройство. Что-то иное должно было прийти на смену опыту и вере и утвердиться в качестве основного организующего начала складывающейся системы знания.

И это новое пришло. Оно пришло не с Олимпа, еще населенного стареющими богами, а с шумных городских площадей. VII—VI вв. до н. э. — эпоха великого перелома в жизни греческого общества, эпоха освобождения от власти родовых вождей, роста самоуправляющихся городов, интенсивного развития мореплавания, торговли, ремесел, эпоха зарождения той формы государственного устройства, которая получила название демократии. Демократический строй — величайшее достижение античной цивилизации, невиданная ранее и невозможная в условиях



«Искусство Евдокса». Часть греческого папируса, написанного в Египте между 331 и 111 гг. до н. э. под общим названием «Лекции Лептина», с популярным изложением астрономических сведений. В правом столбце изображен круг, на котором нанесены названия 12 знаков зодиака. Три предшествующих столбца содержат извлечения из календаря Евдокса с добавлением сведений из других календарей (Демокрита, Евктемона, Калиппа). На задней стороне изображенной части папируса имеются 12 строчек стихов, начальные буквы которых составляют слова «Искусство Евдокса». [Лувр.]

восточных монархий степень участия широких масс свободного населения в решении государственных дел.

Совпадение появления на исторической арене науки и демократии отнюдь не случайно. Активность народа требовала соответствующих форм своего выражения, и эти формы были найдены: на агоре, главной площади города, обсуждались текущие дела, выбирались должностные лица, проводились судебные заседания, сталкивались и боролись между собой различные интересы и мнения. Следствием этого было появление ораторского искусства, вскоре достигшего высокой степени совершенства. Но искусство оратора — это искусство убеждения, причем убеждения в условиях свободы выражения суждений,



свободы задавать вопросы и сомневаться — именно этим он отличается от проповедника, наставника или командира. Проповедь священника может апеллировать к чувству веры, чувству священного единства, стоящего на страже того, что непрерываемо и недискуссионно. Оратор на агоре должен был убедить людей, отнюдь не стремящихся, верить ему заранее. Успех оратора зависел от того, в какой мере ему удавалось построить свою речь таким образом, чтобы она производила впечатление монолита, указывающего в нужном ему направлении, единой конструкции, звенья которой соединены между собой прочно и надежно, не оставляя места для сомнений и возражений.

Так постепенно складывались и за-

креплялись в коллективном сознании приемы «правильного», общепринятого, отражающего общие основы психологии именно данного социума соединения суждений и извлечения выводов. Так возникала логика. И, что не менее важно, вырабатывалась она не в отвлеченных дискуссиях, но в спорах реальных и земных: об общественных работах, о ценах, о виновности подсудимых, о том, что постоянно составляло содержание жизни людей. Эта логика, таким образом, замыкалась на общечеловеческий опыт, отбирая из него то общезначимое, что составляло единый фон всей жизни человека и общества.

Конечно, логика складывалась постепенно. Нужен был долгий путь стихийного «опробования» суждений и их связей, «привыкания» к ним, чтобы сложились приемы, внушающие к себе достаточное доверие. Позднее в спорах софистов, много занимавшихся анализом языка, логика была рафинирована, очищена от случайных наслоений, осмыслена как свод универсальных принципов, создающих возможность получения из справедливых предпосылок не менее справедливых выводов. Логика греков, таким образом, с самого начала носила характер логики диалога, логики спора, логики, вычленившейся как механизм, обеспечивающий единство человеческого общения в условиях, когда традиционно-мифологические системы отсчета пришли в резкое противоречие с реалиями общественной жизни и потеряли силу. А поскольку человеку свойственно воспринимать себя в других людях, логические нормы постепенно закреплялись, автоматизировались, делались нормами не только коммуникаций, но и нормами собственно мышления.

Процесс отрыва логики от ее исходного диалогического начала шел на протяжении многих столетий, приведя в конечном счете к канонизации логических форм в качестве не общечеловеческих даже, а как бы сверхчеловеческих принципов правильного мышления. Так интерпретировал логику ее великий систематизатор Аристотель; тем более интересно, что он в данном плане усвоил идеи, вполне сложившиеся значительно раньше, в среде пифагорейцев (а также элеатов), и бывшие прежде всего результатом использования логических фигур в математических рассуждениях.

Таким образом, доказательный аппарат пифагорейской математики возник не на пустом месте. Принципы ведения дискуссии, принципы построения убедитель-



Персидская астролябия. Построена около 1223 г. Прибор изобретен греками, его действие основано на принципе стереографической проекции. [Оксфордский музей истории науки.]

тельных рассуждений уже были более или менее выявлены и усвоены. Эти принципы и были перенесены пифагорейцами в сферу математики. Исходя из каких-то основных, интуитивно понятых свойств чисел, они получали с помощью цепочек логических рассуждений далеко идущие следствия⁴.

Так сложилось понятие доказательства, которое, по замечанию В. А. Успенского, есть рассуждение, убеждающее нас настолько, что с его помощью мы готовы убеждать других. Эта сущностная характеристика математики, выражающаяся в ее установке на оперирование с абстрактными объектами и в обосновании истинности относящихся к ним утверждений посредством логических доказательств, была вполне осознана уже в раннем пифагоре-

изме. Именно так было сделано первое великое открытие абстрактной математики — доказательство несоизмеримости диагонали квадрата с его стороной. Известное по школьному курсу планиметрии (и заимствованное из «Начал» Евклида) доказательство этого утверждения основано на приеме приведения к абсурду, т. е. использует абстракцию логической невозможности; как считают многие историки математики, существовало и прямое доказательство, использующее абстракцию бесконечности.

Обе эти абстракции возможны только при достижении соответствующего уровня логического мышления, они принципиально недостижимы в рамках вавилонских математических традиций. Теорема о несоизмеримости явила собой величайший триумф нового стиля мышления, и она же стала исходной точкой глубоких исследований античных математиков по расширению понятия числа, которые закончились логически безупречной концепцией числовой прямой, развитой великим Евдоксом. Надо отметить, что работы математиков, разумеется, сами по себе способствовали экспликации принципов логических рассуждений, оказавшись едва ли не самым перспективным полем их приложений. Так сложилась новая ветвь человеческой познавательной деятельности, нашедшая свое внутреннее обоснование в рассуждениях и доказательствах.

Конечно, греческая математика была по своей сути в значительной степени деятельностью чисто абстрактного характера. Известный анекдот об Евклиде, предложившем подаяние ученику («Дайте ему обол»)⁵, вопрошавшему о пользе геометрии, хорошо выражает идеологию античных математиков. Это не исключает, конечно, важности предшествующих этапов развития математических знаний, как и достижений древних греков в области расширения применения математики для решения практических задач. Образцом здесь может послужить творчество великого Архимеда. Однако именно в сфере абстрактной деятельности был найден новый рационализирующий и логизирующий стиль мышления, были продемонстрированы его возможности как чисто теоретического, так и прикладного плана.

Астрономия Птолемея уже принципиально отличается от вавилонской своим

⁴ Например, содержащееся у Евклида, но найденное значительно раньше доказательство неограниченности множества простых чисел.

⁵ Обол — мелкая монета.

модельным характером: движения светил здесь как бы «отслаиваются» от видимого небосвода, помещаются в абсолютное пространство и в нем анализируются. В этой астрономии, равно как и в архимедовой механике, можно увидеть не только сознательное использование предлагаемого математикой теоретического аппарата, но и заимствование навязываемых последним принципов моделирования самой реальности. Основы оперирования с абстрактными объектами, основы отделения предметов, данных в непосредственном опыте, от их идеализированных аналогов были заложены именно математикой, и лишь впоследствии усвоены другими областями познания.

Математика потому только и смогла стать универсальным языком науки, что она создала общие способы выражения и исследования свойств абстрактных объектов и их отношений: такие основы должны были быть первоначально поняты в отрыве от эмпирии, в чистом и потому универсальном для всех возможных приложений виде. Наука, для того чтобы она могла через много веков оплодотворить технологию, должна была сложиться как деятельность принципиально атехнологическая, принципиально лишенная непосредственной практической пользы. Здесь в своеобразной форме проявилась та общая закономерность познавательного процесса, которую К. Маркс назвал восхождением от абстрактного к конкретному.

То, что было изложено выше, есть некоторая реконструкция процесса возникновения античной математики, но не истории этого процесса. Эта реконструкция ограничена лишь определенной линией эволюции научного мышления и не претендует на большее. Процесс взаимодействия науки и мифа, науки и технологии, науки и социальных структур был чрезвычайно комплексным и многосторонним. Нельзя, например, понять сущность великих открытий Галилея, не обратившись к истории так называемого средневекового Ренессанса (XII—XIII вв.). Тогда европейская культура вновь овладела идеями Аристотеля, а греческая концепция управляющих первоначал, соединившись с римской теорией всеобщего права и христианской идеей доминанции божественной воли, привела к первым представлениям о существовании умопостигаемых законов природы, хотя и имеющих божественную природу, но доступных рациональному мышлению человека. Но это, однако, уже совсем другая история.

В заключение необходимо подчеркнуть следующее. Наука, вероятно, не относится к числу тех феноменов культуры, которые возникают с автоматической закономерностью в различных социумах, приводя в восхищение позднейших историков. Наука возникла единожды, и впоследствии этот «акт творения» уже ни разу не повторился. Важность этого факта и необходимость его всестороннего осмысления несколько не уменьшаются от того, что произошел он двадцать пять веков назад.

УДК 100.2; 113.50

«Козы съели империю»

Профессор Щ. А. Пеннионжек

Вице-президент
Польской академии наук

Несколько лет назад я путешествовал летом по горам и возвышенностям Анатолии и был поражен бедностью растительности в этом районе. Мне пришла на память старая, но очень меткая поговорка: козы съели Османскую империю. На каменистых, совершенно разрушенных эрозией склонах гор и холмов Анатолии видны были еще следы бывших террас. Двести или триста лет назад здесь, по всей вероятности, росли виноградники, масличные или фиговые сады, а возможно, существовали даже плантации овощных культур.

Сейчас — это голая пустыня. То тут, то там, между скалами, уцелело немного не разрушенной эрозией культурной земли. В ней пытается укрепить свои корни тощее деревцо, выросшее из занесенного сюда ветром семени, но этого ему почти не удастся. Рано или поздно его заметит глаз горного козла. Ни одно растение не выживает в этом районе. По всей вероятности, образ дьявола в виде рогатого черного козла возник на территории Палестины, Сирии, Турции и смежных стран.

Летом 1975 г. я путешествовал в пограничной зоне между Марокко и Западной Сахарой. Я ехал из г. Рабата, где узнал, что наилучшей ил-

Фото автора



Даже 18 коз может поместиться на одном дереве аргании.

люстрацией к поговорке, что козы съели империю, является как раз территория между городами Маракеш и Агадир. Мне говорили даже, что козы обитают там на деревьях, как белки.

Признаюсь, я не особенно верил этим рассказам. Мне казалось, что это продукт фантазии. Мне показали почтовые открытки, на которых действительно были изображены козы на деревьях, но я воспринял

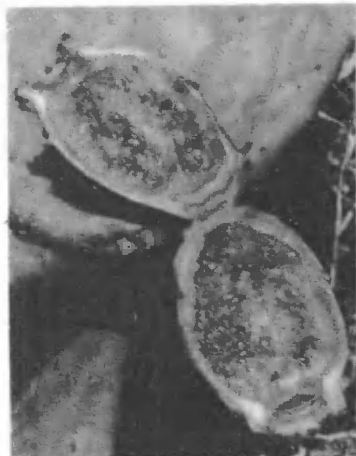
это как фотографические трюки.

Тем не менее по дороге из Маракеша в Агадир я внимательно смотрел по сторонам. Было начало сентября, погода была еще жаркой и очень су-



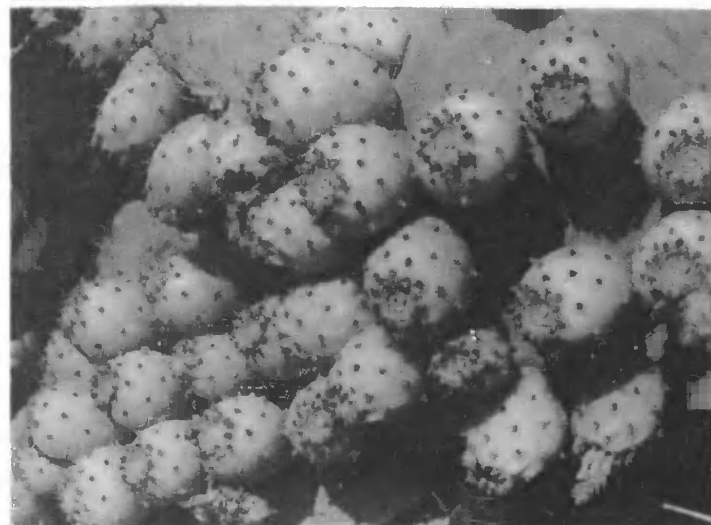


Так обильно плодоносит опунция (*Opuntia ficus indica*), несмотря на то что под влиянием сильной засухи ее побеги сильно сморщены.



Разрез плода опунции.

Плоды опунции.



хой. Передо мной расстился холмистый и горный ландшафт с возвышенностями от 500 до 1500 м над ур. м. Атмосферные осадки здесь составляют от 100 до 250 мм в год. При таком количестве осадков и высоких температурах воздуха нельзя ожидать обильного растительного покрова, тем более, что в этом районе нет рек, воды которых можно было бы использовать для орошения. Итак, перед нами была полупустыня без какой-либо травянистой растительности. Изредка встречались на большом расстоянии друг от друга какие-то карликовые деревца. Вскоре появились аргании.

Аргания (*Argania spinosa* или *A. sideroxylon*) известна под названием железного дерева. Она растет только в Африке, в частности в Марокко, на сравнительно небольшой площади (7000 км²), в горах между Маракешем и Агадиром. Это — невысокое дерево, достигающее 4—6 м и изредка 8 м высоты. Очень старые, извилистые, странной формы растрескавшиеся стволы придают ей очень живописный вид, характерный для дерева, растущего в очень неблагоприятных условиях. И действительно, трудно себе вообразить условия, более неблагоприятные, чем те, в которых растет это дерево: очень малое количество осадков, поверхность земли сильно разрушена эрозией, почти полное отсутствие культурных почв, за исключением небольших уцелевших остатков в углублениях между скалами. Неудивительно, что в таких условиях аргании не образуют сплошных древостоев, а растут поодиночке на расстоянии 20 и более метров друг от друга.

Население в этом районе очень небольшое. Дома — хижины из глины — окружены живой изгородью из опунций (*Opuntia ficus indica*). Опунция — единственное плодовое растение, которое может жить без орошения. В это время года ее сплюснутые, покрытые шипами побеги были сморщенными, что свидетельствовало о значительных нехватках воды. Несмотря на это, опунция была обильно обсыпана



Аргания, обезлиственная козами.

плодами, не очень вкусными, но питательными.

Жители этой полупустынной территории занимаются преимущественно скотоводством, содержат стада коз. Кроме того, они производят из аргании древесный уголь, а из ее твердой древесины — некоторые предметы домашнего обихода. Из аргании получают также ценное масло. Плоды аргании желтоватого цвета размером с крупную сливу-венгерку. Внутри плода находится косточка, а в ней — семя, содержащее масло. Арганию не разводят, ее плоды для производства масла собирают с дикорастущих деревьев.

На участке около 80 км я встречал 30 стад коз, пасущихся среди арганий. На расстоянии было трудно определить, что они поедали. На протяжении многих километров не было видно ни одного растения, кроме арганий, однако козы нагибались к земле и что-то щипали. Казалось, что они поедают небольшие камешки. Но в действительности это было не так. Дело в том, что после зимнего дождевого сезона, т. е. периода развития

полупустынной растительности, ветром пригоняются растительные остатки, задерживающиеся между скалами. Эти остатки и поедаются козами.

Козел не может обгрызть кору со старых деревьев аргании, так как ее ствол толстый и шершавый. Но зато любимым кормом коз являются листья и побеги аргании. Наши козы не смогли бы вскарабкаться на дерево аргании, но для здешних коз это не представляет особых затруднений.

Польская пословица говорит: на покатоое дерево любая коза прыгнет. Следовательно, было бы не удивительно, если бы аргании росли наклонно, пригибаясь к самой земле, как наша карликовая сосна. Однако здешние аргании растут прямо вверх. Тем не менее местные козы вскарабакиваются на них.

На некоторых деревьях я видел по 2—3 козы, а однажды встретил дерево, на котором паслось даже 18 коз. Я подошел ближе и, почти не веря своим глазам, сфотографировал это дерево с козами. Я рассмотрел внимательно этих коз. Они меньше наших, в основном черной масти, но встречаются и пестрые. Меня заинтересовали их конечности, не имеется ли на них коготков, как у белок, — однако таковых не было. Ноги имели нормальные, может, несколько меньшие, чем у наших коз, и более изящ-

ные копытца. Козы с невероятной ловкостью прыгали на самые низкие ветви, а будучи уже в кроне дерева, карабкались по ее ветвям, почти как белки. Я с особым интересом наблюдал поведение коз, которые достигали верхушки кроны. Они не оставались на месте, а постоянно двигались, не опираясь копытцами на более толстые ветви с шершавой корой, а перепрыгивая с одной тонкой, колеблющейся под их весом ветки на другую.

Неудивительно, что большинство арганий было без листьев. Покрытыми листвой остались кое-где лишь одиночные деревья, у которых не было низких ветвей, являющихся как бы подмостком для вспрыгивания коз на дерево. В таких условиях число арганий сокращается из года в год. Много деревьев, систематически лишаемых листьев, погибает. Молодые деревья почти не выживают, поскольку молодой сеянец подвергается уничтожению еще на первом году роста. Когда я ехал в Гулемин, находящийся примерно в 300 км южнее Агадира, я уже не встретил ни одного дерева. Начиналась пустыня Сахара, которая при содействии стад коз каждый год отвоевывает у полупустыни около одного километра.

УДК 58: 59

Основа масштаба Вселенной

К. А. Куликов



Константин Алексеевич Куликов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры звездной астрономии и астрометрии физического факультета Московского государственного университета. Область научных интересов связана с астрометрией, астрономическими постоянными. Автор монографии: *Фундаментальные постоянные астрономии*. М., 1956; *Новая система астрономических постоянных*. М., 1969. В *«Природе»* опубликовал статьи: *Движение полюсов Земли по ее поверхности* (1955, № 11); *Вид звездного неба с Луны* (1962, № 6); *Что мы сможем наблюдать на Луне* (1964, № 6).

К середине нашего столетия при проведении больших астрометрических исследований, связанных с каталогами звездных положений, стало выясняться, что некоторые постоянные, в том числе и астрономическая единица, требуют пересмотра и улучшения. Несколько позже вновь возникшие задачи, связанные с освоением космоса, полетами к Луне и планетам Солнечной системы, расчетами траекторий искусственных спутников Земли, различного рода космических ракет, кораблей, предъявили к астрономической единице еще более высокие требования, чтобы она по крайней мере на порядок или два была точнее. Таким образом, проникновение аппаратов и человека в космос потребовало разработки новых методов определения расстояний между космическими объектами.

Единица измерений в астрономии возникла в ходе научных исследований, в результате анализа больших рядов наблюдений.

Как известно, законы движения планет вокруг Солнца были открыты И. Кеплером в самом начале XVII столетия. Формулируя свой третий закон (опубликованный в *«Гармонии Мира»*, в 1691 г.), выражающий соотношение между временем обращения планет и их расстоянием от Солнца, Кеплер должен был найти из на-

блюдений сидерические периоды обращения планет вокруг Солнца и размеры больших полуосей всех планетных эллипсов, выраженные в какой-то мере. В качестве меры можно было бы взять расстояние между Землей и Солнцем, но оно в течение года изменяется вследствие эллиптичности орбиты Земли (когда Земля находится в перигелии или афелии, расстояние между Землей и Солнцем соответственно равно $a(1-e)$ и $a(1+e)$, где a — большая полуось, e — эксцентриситет орбиты). Большая полуось a при комбинации параметров Земли с параметрами любой другой планеты непосредственно входит как в равенство третьего закона, так и в основное уравнение, определяющее эллипсоорбиту: $r_1 + r_2 = 2a$, в котором r_1 и r_2 — расстояния между фокусами эллипса и планетой.

Эту большую полуось орбиты Земли или, что то же самое, среднее расстояние между Землей и Солнцем

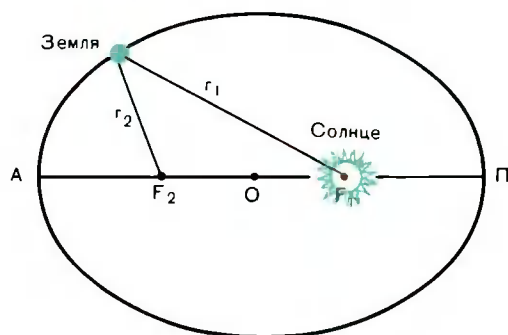
$$a = \frac{1}{2} (r_1 + r_2) = \frac{1}{2} [a(1+e) + a(1-e)]$$

Кеплер и принял в качестве основной единицы измерений, в которой и выражал все большие полуоси планетных эллипсов.

Поскольку при изучении многих во-

просов астрономии расстояния играют основную роль, численное значение α было объектом внимания многих поколений астрономов, начиная с древних ученых.

Прежде чем заглянуть в историю определения расстояния до Солнца, напомним зависимость между расстоянием до светила и так называемым суточным параллаксом этого светила p , представляющим собой малый угол в прямоугольном треугольнике, в котором гипотенуза — расстояние r — между центрами Земли и светила, а малый катет — радиус Земли R .



Эллиптическая орбита движения Земли. П — перигелий, А — афелий. F_1 , F_2 — фокусы эллипса; r_1 , r_2 — расстояния между Землей и фокусами эллипса.

Это соотношение выражается формулой

$$r = \frac{R}{\sin p}.$$

Таким образом, чтобы найти расстояние до светила (при известном радиусе Земли R), нужно определить суточный параллакс этого светила p . Поэтому в астрономии задача определения расстояний до светил сводится к задаче определения параллаксов этих светил. Древним астрономам, начиная по крайней мере со II в. до н. э., это положение было известно.

До времени Аристарха Самосского, т. е. до III в. до н. э., о расстояниях от Земли до Луны и Солнца знали только то, что Солнце находится дальше Луны. Аристарх впервые пытался определить расстояния до Солнца, измерив угол между направлениями на Луну и Солнце в момент квадратуры, когда Луна освещена ровно наполовину. Исходя из правильных допущений, но грубых измерений, он нашел, что Солнце находится в 19 раз дальше от Земли, чем Луна.

Позже Гиппарх из Никеи (около 190—125 гг. до н. э.), определив сначала по наблюдениям времен восходов и заходов Луны ее параллакс, а затем считая Землю шаром и измеряя в угловых минутах радиус тени Земли на Луне при двух лунных затмениях, вывел суточный параллакс Солнца равный $3'$, что соответствует, по его вычислениям, расстоянию между Землей и Солнцем равное 1200 земным радиусам. Этот результат считался верным в течение 14 столетий, и лишь Кеплер и его современники усомнились в его надежности. Кеплер в своей работе «Сокращение коперниковой астрономии» вносит значительную поправку в параллакс, полученный Гиппархом, сведя его к $1-2'$, что, разумеется, улучшало значение расстояния до Солнца, но еще было далеко от истины. Этот кеплеровский результат был толчком к дальнейшим исследованиям, и современники Кеплера (Э. Галлей, Э. Вонделин, Хр. Гюйгенс) значительно его улучшили. При этом самое точное определение параллакса Солнца, для которого в настоящее время принято обозначение

$$\pi_{\odot} = 8''.21,$$

что соответствует расстоянию между Землей и Солнцем 160 млн км, принадлежит Гюйгенсу, который вывел его гипотетически из вероятной величины радиуса Земли. Так как относительные размеры Солнечной системы в единице расстояния Земля — Солнце были хорошо известны, а видимые с Земли угловые величины планет получаются из измерений, нетрудно найти величины планет, видимые с Солнца (кроме Земли). Как выход из положения Гюйгенс допустил, что радиус Земли можно принять как среднее арифметическое из радиусов соседних планет Венеры и Марса, что примерно на одну четверть меньше действительного радиуса Земли. Вследствие этого расстояние между Землей и Солнцем оказалось завышенным более чем на 10 млн км.

Этими измерениями, произведенными в конце XVII столетия, кончается эпоха непосредственного нахождения параллакса Солнца и начинается период разработки новых методов.

Были разработаны способы определения параллакса Солнца по наблюдениям покрытий звезд Луною, по лучевым скоростям звезд, из параллактического неравенства в движении Луны, через постоянную годичной абберации, из прохождения нижних планет по диску Солнца и др.

Последний из перечисленных способов был предложен Галлеем в 1617 г.

Идея и принцип метода возникли еще в 1677 г., когда Галлей на о-ве Святой Елены производил наблюдения над прохождением по диску Солнца Меркурия. Венера и Меркурий через определенные интервалы времени, при своем движении вокруг Солнца в нижнем соединении проецируются на диск Солнца и проходят обычно по хорде диска в виде черного кружка. Сущность этого способа заключается в том, что при наблюдениях

отмечаются моменты соприкосновений краев диска Солнца и планеты при входе последней на диск Солнца (два контакта — внешний и внутренний) и то же самое — при выходе. Для наблюдателей этого явления из двух или более достаточно удаленных по широте друг от друга мест земной поверхности контакты происходят в разные моменты времени. По разностям этих моментов можно вычислить длину хорд и расстояние между ними, т. е. параллакс планеты и, в конечном итоге, вычислить параллакс Солнца.

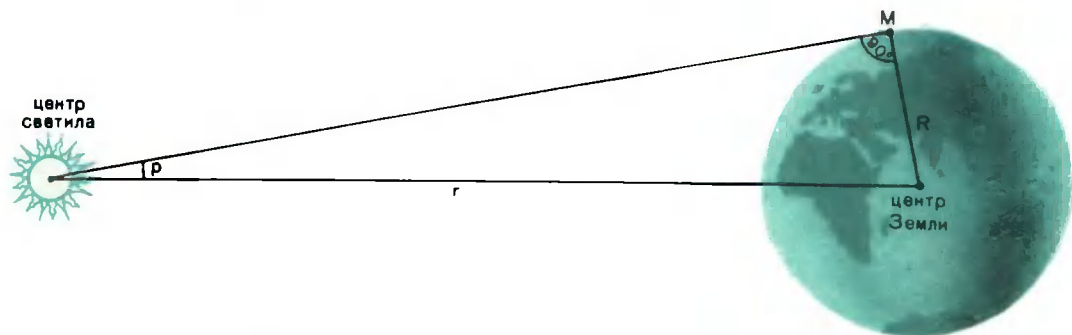
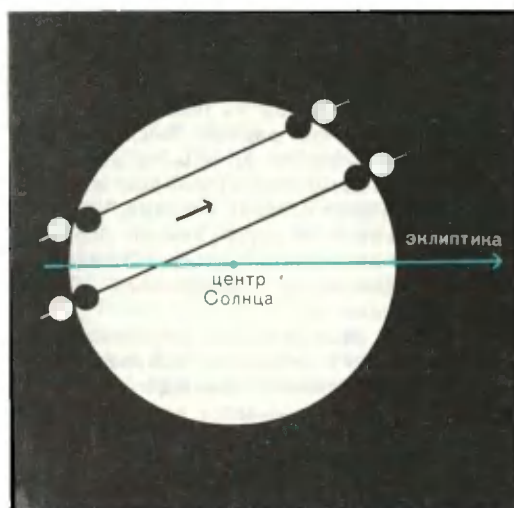


Схема для определения параллакса планеты. R — радиус Земли, M — точка наблюдения, p — параллакс, r — расстояние до светила.

По наблюдениям прохождений Меркурия никаких результатов не получено. Прохождения Венеры — явления довольно редкие (с 1761 г. было четыре прохождения, а следующее произойдет в 2004 г.), и большой точности в определении параллакса Солнца не давали, по-видимому потому, что непосредственные наблюдения Солнца несравненно труднее, чем какого-либо другого светила. Подобные наблюдения производятся днем, когда воздушные течения в атмосфере сильно портят изображения светил в астрономической трубе и, кроме того, нагревание инструмента лучами Солнца делает его менее точным, чем ночью при почти одинаковой температуре всех его частей. Поэтому для определения параллакса Солнца избрали окольный путь — определение из наблюдений, производимых в ночное время, сначала параллакса верхней планеты вблизи ее противостояния (желательно великого, когда планета ближе к Земле) и через параллакс планеты определение параллакса Солнца. Что это возможно, покажем на простейшем идеализированном примере, когда Земля находится на среднем расстоянии от Солнца, планета — точно в противостоянии, центры Солнца, Земли и планеты лежат на одной прямой. При этом условии параллакс Солнца определяется



Прохождение Венеры по диску Солнца. Показаны моменты соприкосновений краев диска Солнца и Венеры — внешний и внутренний контакты.

через параллакс планеты из прямоугольных треугольников TSM и TPD; если при выводе заменить синусы малых углов параллаксов Солнца и планеты самими углами, выраженными в радианах, то получим соотношение

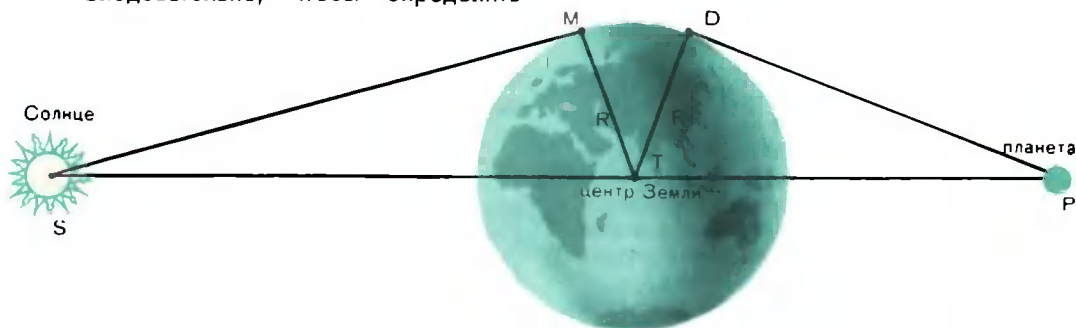
$$\pi_{\odot} = \left(\frac{d}{a} - 1 \right) p, \quad (1)$$

в котором a — расстояние между центрами Земли и Солнца, d — расстояние между центрами Солнца и планеты, $\pi_{\odot}$ и p — соответственно параллаксы Солнца и планеты.

Следовательно, чтобы определить

ца до противостояния и такое же время продолжают после противостояния. Из обычно большого числа наблюдений известными методами и вычисляется максимальное значение параллакса планеты p для момента противостояния, а, следовательно, из соотношения (1) — и параллакс Солнца $\pi_{\odot}$.

Для определения параллакса планеты используются разные методы наблюдений. Его можно определить из утренних и вечерних наблюдений планеты, полученных из одного места (обсерватории) по



Противостояние планеты, когда центры Солнца, Земли и планеты лежат на одной прямой. R — радиус Земли, M, D — точки наблюдения, S, T, P — центры Солнца, Земли и планеты соответственно.

параллакс Солнца $\pi_{\odot}$, нужно определить параллакс планеты p , так как $\frac{d}{a}$ опреде-

ляется из третьего закона Кеплера по сидерическим периодам обращения Земли и планеты вокруг Солнца, которые хорошо известны.

Разумеется, все изложенное о переходе от параллакса планеты p к параллаксу Солнца $\pi_{\odot}$ — только наглядная схема, так как комбинация, когда центры трех тел (Солнца, Земли и планеты) лежат на одной прямой, — явление исключительное, к тому же пронаблюдать планету в этот момент вряд ли возможно. Поэтому наблюдения планеты по заранее вычисленной ее эфемериде¹ начинаются за полтора-два меся-

одновременным наблюдениям из двух мест, расположенных вблизи одного меридиана Земли и достаточно удаленных по широте, а также из двух мест, достаточно удаленных друг от друга по долготе. Обычно двумя последними способами пользуются комплексно, привлекая для этой цели астрономические учреждения, снабженные соответствующими астрономическими инструментами. Могут быть использованы как визуальные, так и фотографические наблюдения, производимые как на меридиане, так и вблизи его к востоку и западу.

Начиная с 1671 г. для определения параллакса Солнца использовались наблюдения Марса в его великие противостояния, которые происходят через 15 и 17 лет, когда Марс подходит к Земле на 55 млн км. В это время параллакс его имеет наибольшее значение и определяется с меньшей относительной ошибкой. Однако неоднократные определения параллакса Солнца на ряде обсерваторий уверенных результатов не дали; полученные значения $\pi_{\odot}$ сильно расходились по неизвестным причинам.

Вероятно, основная причина была в самих наблюдениях: Марс в астрономическую трубу представляется диском, и наводить нить микрометра приходится на край планеты, как касательную к диску,

¹ Эфемеридой называется ряд чисел, в астрономии обычно координат светила — прямых восхождений и склонений, вычисленных по законам небесной механики для ряда последовательных моментов прошедшего и будущего времени и характеризующих положение светила на небе.

что делается очень неуверенно. Совершенно изменилось положение, когда перешли к наблюдению малых планет, которые наблюдаются как точечные изображения.

Одна из замечательных «наблюдательных кампаний» конца XIX в.— это наблюдения малых планет Виктории, Сафо и Ириды во время их противостояния 1888—1889 гг. По предложению Г. Хилла, организовавшего всю работу и составившего программу, в наблюдениях приняли участие 25 обсерваторий земного шара. По всем трем астероидам было получено более 3000 наблюдений.

Как общее среднее из всех наблюдений Г. Хилл получил

$$\pi_{\odot} = 8'', 802 \pm 0'', 05 \text{ (вероятная ошибка).}$$

В 1896 г. Международная конференция в Париже, по предложению С. Ньюкомба, округленное значение параллакса Хилла $8'', 800$ утвердила как одну из основных астрономических постоянных. Соответствующая этому параллаксу большая полуось орбиты, или среднее расстояние между центрами Земли и Солнца, равное $149,5 \cdot 10^6$ км, было названо астрономической единицей (а. е), получившей впоследствии обозначение А.

Шли годы, определения параллакса Солнца не прекращались. Особенно удачной для этой цели оказалась открытая в 1896 г. малая планета Эрос, период обращения которой вокруг Солнца 1,76 года, эксцентриситет 0,22 и большая полуось орбиты 1,46 а.е. Великие противостояния Эроса повторяются через 30 и 44 года, при которых астероид подходит к Земле на расстояние всего 1/7 а.е.

Великие противостояния Эроса произошли в 1900—1901, 1931, 1975 гг. Наблюдения последнего противостояния еще не обработаны.

Особенно следует остановиться на противостоянии 1931 г., кампания наблюдений которого была организована королевским астрономом Великобритании Х. Спенсер-Джонсом.

В противостоянии планета находилась на расстоянии 26,07 млн км от Земли. Рассчитанная заранее эфемерида Эроса представляла собой большую дугу от $+44^\circ$ до -26° по склонению, так что наблюдения можно было производить в обоих полушариях Земли. Для наблюдений был избран как наиболее точный и объективный фотографический метод. На различных обсерваториях земного шара были использованы все длиннофокусные

астрографы (в числе 28, в большинстве случаев нормальные астрографы), пригодные для этой цели. Было получено 2847 фотографий с центральным изображением Эроса и окружающих его опорных звезд с известными координатами. Каждая пластинка покрывала площадку $2 \times 2^\circ$. Координаты опорных звезд заново определялись меридианными кругами на 14 обсерваториях Северного и Южного полушарий Земли и были обработаны А. Копфом. Вся обработка наблюдений производилась в течение 20 лет на Гринвичской обсерватории тремя независимыми методами под непосредственным наблюдением Спенсера-Джонса.

Окончательное значение параллакса Солнца, по наблюдениям Эроса в противостоянии 1931 г., получилось

$$\pi_{\odot} = 8'', 790 \pm 0'', 001, \text{ что соответствует } A = 149\,670\,000 \text{ км.}$$

Таким образом, Спенсер-Джонс отодвинул Землю от Солнца на 170 000 км, когда астрономы считали, что ошибка значения астрономической единицы Ньюкомба не превышает 45 000 км.

В начале второй половины нашего столетия был разработан новый метод определения расстояний до Луны и планет — радиолокационный. Идея этого метода заключается в том, что с помощью специальной аппаратуры из места на поверхности Земли посылается направленный радиосигнал к какой-либо планете, отражающийся от ее поверхности и, возвратившийся обратно, принимается. В этой операции определяется время t_0 между моментами передачи и приема сигнала.

Кроме этого, промежутков времени, в течение которого радиосигнал проходит двойное расстояние до планеты, определяется по формуле $t_c = 2A/c - 1$, где А — астрономическая единица, с — скорость света, г — расстояние в долях астрономической единицы между местом наблюдения на поверхности Земли и ближайшей к нему точкой поверхности планеты, равное $r = R - R_p$ (R — расстояние от места наблюдения до центра планеты, R_p — радиус планеты). При вычислении t_c для величины А и с принимаются известные приближенные значения и отыскивается поправка к ним. Склонения t_0 от t_c могут возникать из-за неточного значения не только числа километров в астрономической единице, но и скорости света, радиуса планеты и т. д.

Поэтому для каждого сеанса радиолокации составляют уравнение, в которое

включают все неизвестные величины, подлежащие определению, а для сеансов дают систему уравнений, из которой определяют и величину T_A — время прохождения светом астрономической единицы, а следовательно, и самую астрономическую единицу $A = cT_A$ в километрах.

Начиная с 60-х годов было проведено более десяти многосерийных радиолокационных измерений в СССР, Европе и Америке. Измеряли расстояния до Луны, Венеры, Меркурия и Марса. Все вычисленные по полученным данным средние расстояния до Солнца лежат в интервале $149\,596 \cdot 10^3$ — $149\,601 \cdot 10^3$ км.

На основании этого XII съезд Международного астрономического союза, происходивший в Гамбурге в 1964 г., утвердил предложенную специальной комиссией величину $149\,600 \cdot 10^3$ км в качестве астрономической единицы, что соответствует $\pi_0 = 8'', 794$.

Таким образом, длительная работа большого количества ученых привела к вполне определенному положительному результату, которым будут пользоваться по крайней мере в течение нескольких ближайших десятилетий. В связи с утверждением в качестве стандарта измерений расстояний новой выше приведенной величины возникло несоответствие между астрономической единицей и большой полуосью орбиты Земли (раньше это было одно и то же). Дело в том, что большая полуось орбиты Земли a определяется из формулы небесной механики

$$a = \left(\frac{kT_s \sqrt{M}}{2\pi} \right)^{2/3}$$

в которой k — гравитационная постоянная Гаусса, T_s — продолжительность сидерического года, M — сумма масс Солнца, Земли и Луны. По этой формуле большая полуось орбиты Земли

$$a = 1,00000023 \text{ а.е.},$$

это означает, что она на 34,4 км больше, чем астрономическая единица. Это указывает на необходимость уточнения гравитационной постоянной, определяющей большую полуось орбиты и вычисленной Гауссом еще в первой половине XIX в. Но исправить ее (a это возможно) и привести в согласие большую полуось и астрономическую единицу практически нецелесообразно, так как k входит во многие таблицы не только теоретической астрономии, но физики и механики, которые придется перерабатывать — уточнять, что связано

с организацией и проведением больших работ. Но это еще не все. Возникло пока что «необъяснимое» расхождение в 70 тыс. км между новым значением астрономической единицы и классическим, полученным Спенсером-Джонсом по громадному числу фотографических наблюдений на 28 обсерваториях земного шара. Выяснить это расхождение — благородная задача современной астрометрии.

В 1976 г. было вычислено значение астрономической единицы по последним наблюдениям.

Как уже говорилось, принятая в настоящее время астрономическая единица $A = 149\,600 \cdot 10^6$ м была выведена как среднее из ряда радиолокационных наблюдений Луны и планет. Она, разумеется, на какую-то величину ошибочна. Наиболее достоверные ее пределы: не меньше $149\,597 \cdot 10^6$ м и не больше $149\,601 \cdot 10^6$ м. Прошло более 10 лет после утверждения системы астрономических единиц, в том числе и астрономической единицы с ее пределами (Гамбург, 1964).

Группа ведущих ученых, занимающихся астрономическими постоянными, рекомендовала Генеральной ассамблее Международного астрономического союза (август 1976 г., Геновер, Франция) внести в основные постоянные поправки, полученные в Европе и Америке по наблюдениям последнего десятилетия.

В этой рекомендации астрономическая единица λ — такое расстояние, которое при принятых в астрономии единицах измерения длины массы и времени приводит к значению Гауссовой гравитационной постоянной k , равному 0,017202 098 95, причем размерность k^2 та же, что и у постоянной тяготения G , т. е. $L^3 M^{-1} T^{-2}$. Для расстояния λ также применим термин «единичное расстояние».

При этих положениях астрономическая единица принимает значение $\lambda = 149\,597\,870\,000$ м.

УДК 525.75

Удивительные создания природы — диатомеи

Э. И. Лосева



Эмма Ивановна Лосева, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории геоморфологии и четвертичной геологии Института геологии Коми филиала АН СССР. Занимается стратиграфией и палеогеографией антропогена Северо-Востока Европейской части СССР и диатомовым анализом.

Каждый, кто хотя бы однажды видел клетку диатомовой водоросли, неизменно поражался ее красоте и изяществу, совершенству ее формы, четкости линий, идеальному порядку в расположении деталей структуры. Применение электронных микроскопов позволило еще глубже проникнуть в строение этих поистине замечательных созданий природы и узнать о них много нового.

Диатомовые водоросли, или диатомеи (от греч. разделенный пополам), — это крошечные одноклеточные растения размером в тысячные и сотые, реже десятые доли миллиметра или более 1 мм, живущие одиночно или соединенные в колонии в виде нитей и цепочек, трубочек и звездочек и т. п. Они обитают повсюду: в реках и озерах, морях и океанах, в горячих гейзерах и на льдинах, в болотах и почве. Одни из них парят в толще воды, другие ведут подвижный образ жизни на дне водоемов, третьи прикрепляются к грунту, растениям и животным, разным предметам и днищам кораблей. Вместе с другими

микроскопическими растениями — перидиниями и кокколитофоридами — диатомеи преобладают в фитопланктоне многих районов Мирового океана, а в водах высоких широт (субарктических и субантарктических) они всегда доминируют по количеству клеток и биомассе. Диатомовые илы покрывают 26 млн км² современного морского дна.

Эти растительные микроорганизмы, преобразующие растворенные в воде неорганические вещества в органические, используя солнечную энергию с помощью хлорофилла, составляют основу пищи всех животных, обитающих в воде. Водоросли эти поедаются мельчайшими животными (рачками, радиоляриями, фораминиферами и др.), которые, в свою очередь, являются пищей для более и более крупных. Так протягивается непрерывная пищевая цепочка от диатомовой водоросли вплоть до кита. А что касается уса-тых китов, то они непосредственно питаются планктоном, процеживая сквозь пластины китового уса огромные порции воды. Существенная роль в пищевом балансе биоценозов прибрежных областей

Съемка объектов выполнена автором в Институте геологии Коми филиала АН СССР на микроскопе МБИ-6 и электронном сканирующем типа MSM-5 японской фирмы «Акаси Сейсакусю».

Диатомовые водоросли под микроскопом MSM-5, увел. ~3920 раз.



принадлежит и донным диатомеям. Специальные исследования показали, что диатомовые являются весьма калорийной пищей¹.

Ископаемые диатомеи помогают расшифровывать палеогеографические условия существования древних водоемов, происхождение и возраст горных пород. Недаром в последние годы метод диатомового анализа нашел исключительно широкое применение при изучении строения донных отложений морей и океанов.

Некоторые диатомеи благодаря исключительной правильности и постоянству расположения структурных элементов используются в качестве пробных объектов для определения апертуры оптических линз и для настройки микроскопов.

В последнее время, наконец, диатомеи стали объектом изучения архитектурной бионики. «В мире диатомей можно увидеть и замысловатые пространственные решетчатые конструкции, и... микроблочные... купола, и фантастически сложные фигуры, и множество других «инженерных систем», гармонически сочетающих красоту и целесообразность, легкость и прочность, надежность и экономичность»². Несколько лет назад по схеме строения панциря диатомовой водоросли была сооружена опора большого экрана для Берлинского зеленого театра³.

Очевидно, более глубокое познание строения панцирей диатомей с помощью электронных микроскопов в будущем даст возможность шире применять структуру строения диатомей в качестве моделей в строительстве и архитектуре.

О ДРЕВНОСТИ ДИАТОМЕЙ

Геологи и палеонтологи не имеют дела с живой клеткой диатомовой водоросли, а изучают лишь ее панцирь. Кремневые панцири диатомей при благоприятной обстановке могут очень долго сохраняться в ископаемом состоянии. По их находкам можно судить об условиях накопления осадков. Дело в том, что состав диатомей зависит от солености воды,

и поэтому различают морские, солоноватоводные и пресноводные виды. Указывают они и на температуру вод (есть среди них тепловодные и холодноводные формы), а также на условия осадконакопления и гидродинамический режим бассейна.

За последний миллион лет в истории нашей планеты диатомеи морфологически почти не изменились, и их легко можно распознать в ископаемом состоянии и сравнить с современными видами. Вот почему метод диатомового анализа широко используется при изучении самого молодого периода в развитии Земли — четвертичного, охватывающего как раз последний миллион лет.

Но и в более отдаленные времена диатомеи достигали иногда необычайно расцвета, о чем свидетельствуют находки мощных пластов диатомита — породы, почти целиком состоящей из створок диатомовых водорослей. Особенно широко диатомиты распространены в палеогеновых и неогеновых отложениях; возраст этих диатомитов — десятки миллионов лет.

Почти общепризнанно мнение об относительной молодости этой группы организмов. Наиболее древние достоверные находки диатомей относятся к отложениям первой половины мелового периода (около 100 млн лет назад). Правда, в научной литературе время от времени появлялись работы с описанием находок диатомей в более древних породах. Еще в конце прошлого столетия А. Ротплец обнаружил диатомеи хорошей сохранности и в большом количестве в роговых губках нижней юры (около 190 млн лет назад). Найденные им диатомеи близки живущему ныне роду *Stephanorhysis*. В. И. Попов и И. В. Лучицкий в 1938 г. описали находку диатомовых водорослей в песках и песчаных глинах нижнего карбона (около 290 млн лет назад). Однако встреченный ими комплекс является чуждым вмещающим породам, поскольку отложения эти авторами рассматриваются как морские, а изображенные на рисунке диатомеи — несомненно пресноводные формы. В 1939 г. В. Н. Яковлев сообщил о находке диатомовых водорослей в карбоне или нижней перми; встреченные формы оказались близки современным. Во всех описанных случаях не могла быть полностью исключена возможность вторичного попадания створок в породу или загрязнения проб во время обработки.

Находки в древних породах диато-

¹ Барашков Г. К. Кормовая ценность диатомовых водорослей. — «Природа», 1960, № 6.

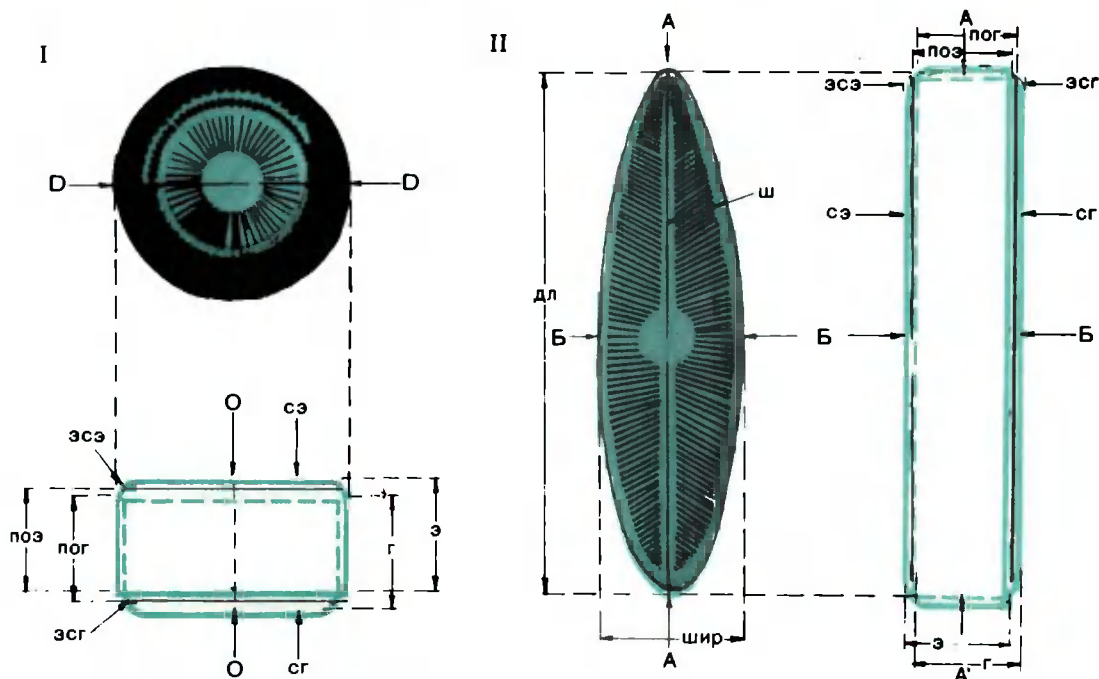
² Литинецкий И. Б. На пути к бионике. М., 1972, с. 20.

³ Там же.

мей, близких современным, вызывали сомнение у многих исследователей, к тому же некоторые факты были явно ошибочными. Известные к тому времени данные о диатомеях в древних отложениях были рассмотрены А. Н. Криштофовичем⁴ и А. П. Жузе⁵, которые пришли к мнению, что достоверные находки диатомей в породах палеозоя неизвестны, и высказали предположение, что если диатомеи когда-либо и будут в таковых найдены, они должны будут отличаться от современных, поскольку даже из ви-

дов поздне меловой флоры вымерло 99%, а это свидетельствует об эволюции диатомей, с которой нельзя не считаться. В самом деле, в комплексах диатомей верхнего мела встречаются в основном лишь формы, имеющие радиальную симметрию; отдельные представители более сложно организованных водорослей, имеющих двустороннюю симметрию, были отмечены только с позднего зоеана.

Мнение об относительной молодости диатомей разделяет большинство исследователей, хотя высказывалась и иная



Схематическое изображение панциря диатомовых водорослей.

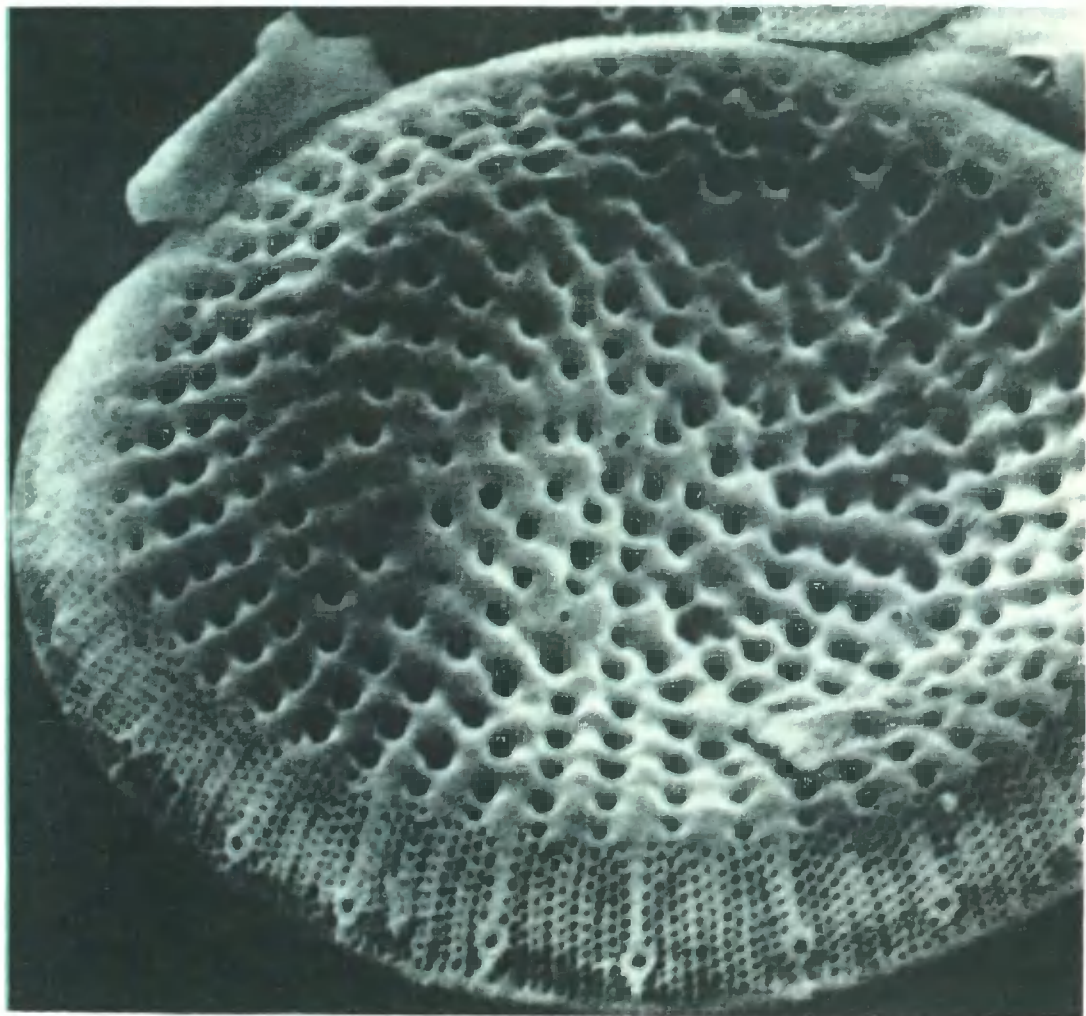
I — строение панциря центрического типа: сверху — вид со створки, внизу — вид с пояса; DD — диаметр панциря, OO — центральная ось. II — строение панциря пернатого типа: слева — вид со створки, справа — вид с пояса; AA — продольная ось, BB — поперечная ось; э — эпитека, г — гипотека, поз — поясковый ободок эпитеки, пог — поясковый ободок гипотеки, зсэ — створка эпитеки, зсг — створка гипотеки, ш — шов, дл — длина панциря, шир — ширина.

точка зрения. Так, глубокую древность диатомей предполагал Я. В. Самойлов, который считал, что расщепление диатомовых и других водорослей относится к очень отдаленному времени и что истинная древность диатомовых несколько не соответствует фактическим данным, которыми мы располагаем⁶. Он считал диатомеи такими же древними организмами, какими являются радиолярии с их поражающим разнообразием форм — эти древнейшие животные организмы из всех доныне известных. Самойлов так коммен-

⁴ Криштофович А. Н. О древности диатомовых водорослей. — «Природа», 1938, № 6.

⁵ Жузе А. П. К вопросу о палеозойских диатомовых. — В кн.: Диатомовый анализ, кн. 1, ч. II. Л., 1949.

⁶ Самойлов Я. В. Эволюция минерального состава скелетов организмов. — В кн.: Биолиты. Л., 1929, с. 97.



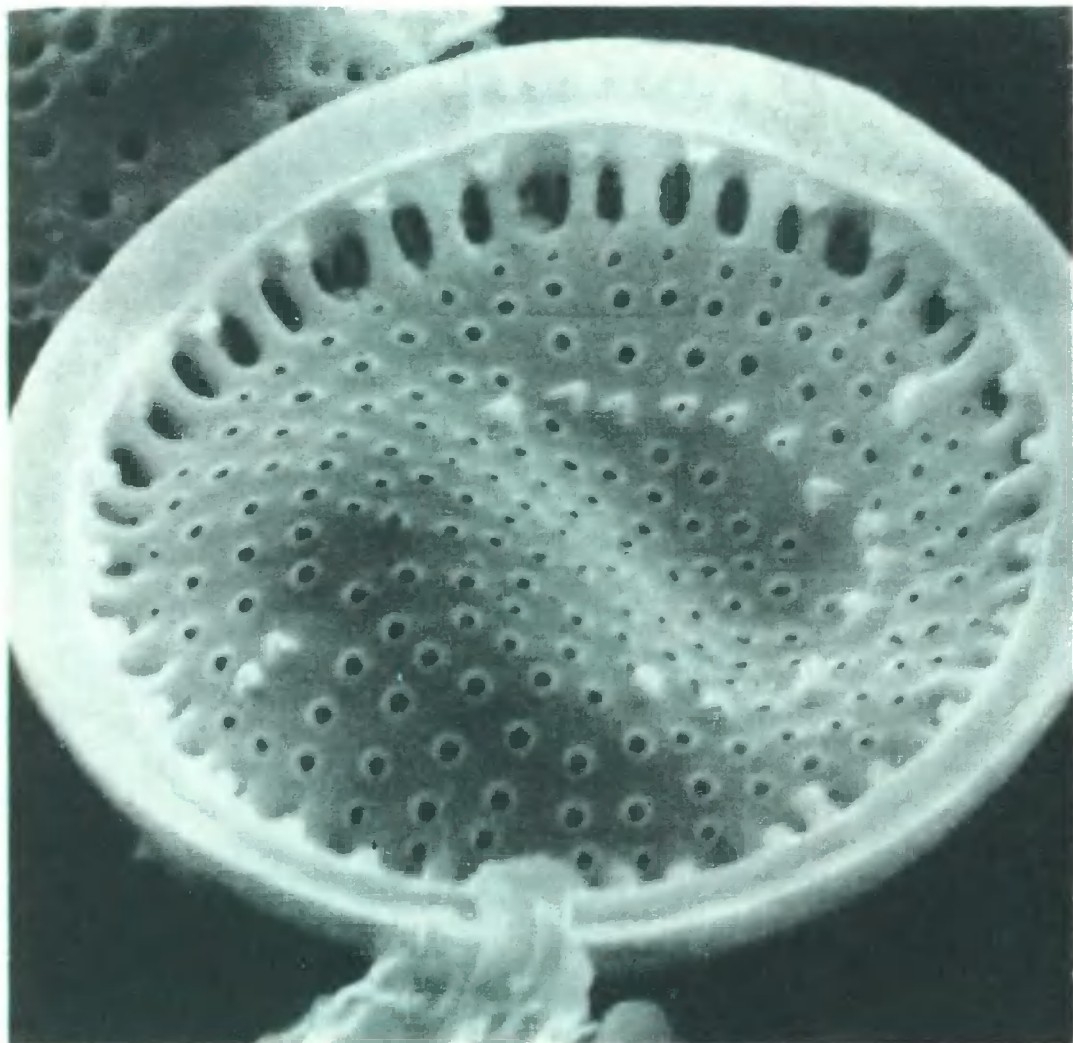
Stephanodiscus omarensis [наружная стенка створки], увел. ~ 9450 раз.

тирует находку радиоларий французом Л. Кайе в кремнистых породах докембрийского возраста северной Бретани: «Весьма замечательно, что большинство прекембрийских радиоларий оказалось тождественными с ныне живущими радиолариями. Все глубочайшие изменения мира организмов, происшедшие с докембрийского времени, не коснулись кремневых скелетов этих радиоларий... Только по своим размерам докембрийские ра-

диоларии значительно ниже современных радиоларий: они не превышают немногих микрон, спускаясь до 1 микрона»⁷. Этим и затрудняется, по его мнению, отыскание скелетов радиоларий в древнейших отложениях. Но уже силурийские радиоларии имеют размеры, близкие размерам современных.

Самойлов полагал, что древнейшие кремневые животные, как и современные, получали кремний для строительства своих скелетов из пищи, т. е. поедая диатомовые водоросли. «Все это заставляет принять замкнутый кремневый цикл растений и животных как древнейшую

⁷ Там же.



Stephanodiscus omarensis (внутренняя стенка створки), увел. ~9000 раз.

группу организмов», хотя она и «не пошла далеко в своем развитии». Именно в кремневых отложениях, по мнению Самойлова, и следует искать остатки древних организмов в докембрии.

Интересное сообщение было опубликовано польскими исследователями: обломки и целые панцири пеннатных диатомей рода *Nitzschia* и, по-видимому, *Navicula* обнаружены в мраморах девона или даже протерозоя Нижней Си-

лезии⁸, т. е. в породах, возраст которых, 350, а то и 550 млн лет! Найденные экземпляры морфологически близки современным формам и очень малы по размерам (1—12 мкм). Они были обнаружены лишь с помощью электронной микроскопии. Однако это единственная находка также требует еще подтверждения. По мнению Жузе, это современные почвенные диатомеи.

Таким образом, за исключением этой единственной и пока необъяснимой на-

⁸ Kwiecińska B., Siemińska J. Diatoms (Bacillariophyceae) in the Przeworno Marbles (Lower Silesia).— «Bull. Acad. Polonaise des Sciences. Ser. Sci. Terre», 1973, v. XX, № 4.



Fragilaria construens, увел. ~8750 раз.

ходки, до сего времени достоверные находки диатомей в древних отложениях неизвестны. Возможно, это связано с плохой сохраняемостью створок — значительная часть их со временем либо метаморфизуется, либо растворяется: ведь створки многих современных диатомей растворяются прежде, чем они успевают достигнуть морского дна. Может быть, древние формы имели очень малые размеры и при старых методах исследований

просто не попадали в поле зрения. Тогда открытия впереди.

ЖИВОТНОРАСТЕНИЕ? ОРГАНОКРИСТАЛЛЫ? РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА!

10—15 лет назад было известно около 12 тыс. видов современных и ископаемых диатомей; по мере их изучения число известных видов все возрастает. Диатомовые водоросли составляют самостоятельный высокоорганизованный отдел низших водорослей, не имеющий в настоящее время прямой родственной связи с другими отделами.

Любопытна история изучения диатомовых водорослей, продолжающаяся вот уже третье столетие. Первые изобра-

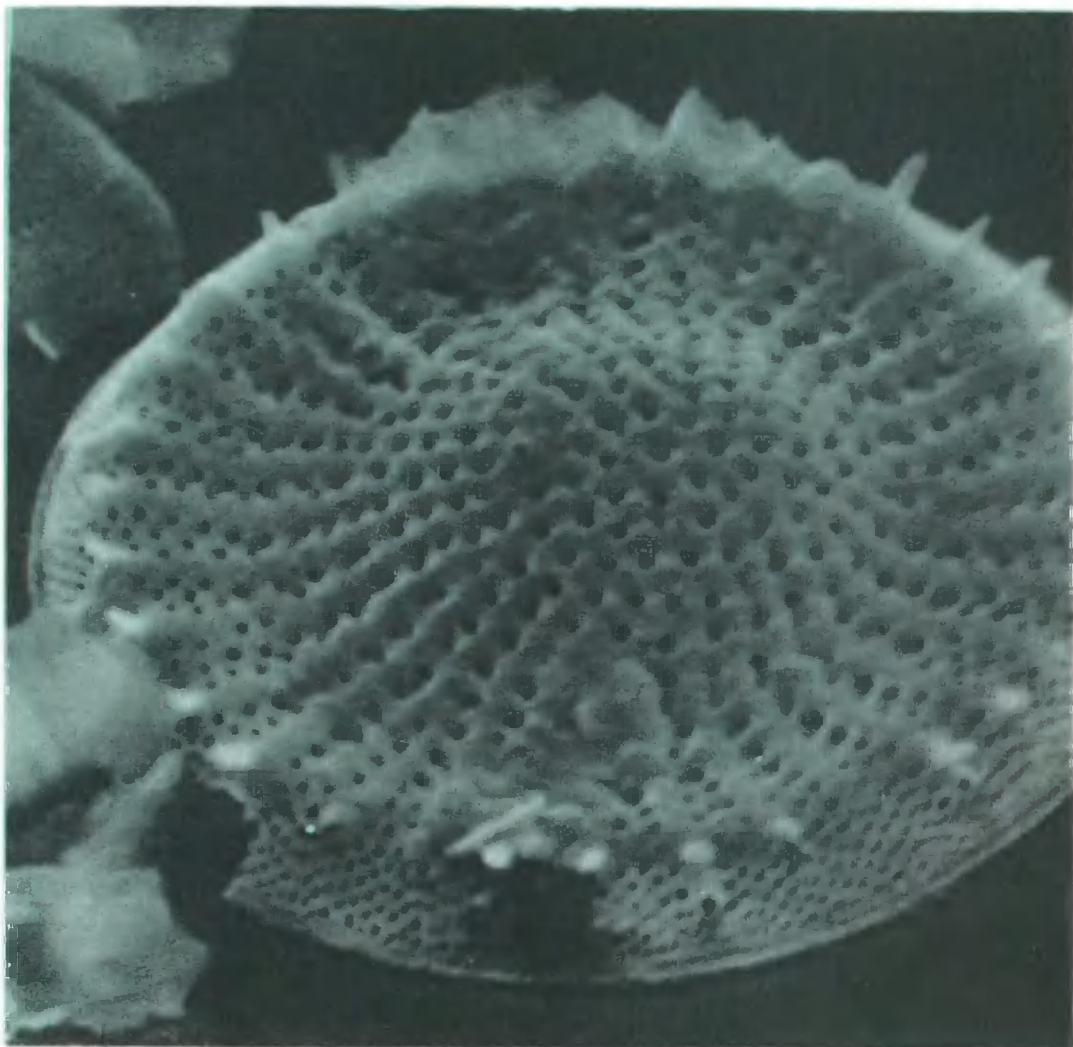


Cymatopleura solea, увел. ~1750 раз.

жения диатомовых можно найти в работах начала XVIII в., где под разными названиями их относили то к растениям, то к животным⁹. Так, Левенгук в 1702 г. и Жобло в 1716 г. впервые изобразили палочковидную диатомею. Под названием

«овсяного животного» Бейкер и Ардерон в 1754 г. дали изображение одной навикулы. Несколько видов диатомей описал Мюллер в 1773 г. как инфузории, причем некоторые из них сохранили до сих пор данное им видовое название. Позднее, в 1787 г., Вал описал несколько диатомей как растения, а Коломбо в 1787 г. — один из видов диатомей как зоофит, или животнорастение. За животную природу диатомей высказались и некоторые другие исследователи. Наконец, Декандоль в 1805 г. устанавливает род *Diatoma*, от которого произошло название всей группы. Все упомянутые сведения отличались довольно поверхностными описаниями или ограничивались лишь изображениями.

⁹ Мережковский К. К. морфологии диатомовых водорослей. — Уч. зап. Имп. Казанск. ун-та, 1903.

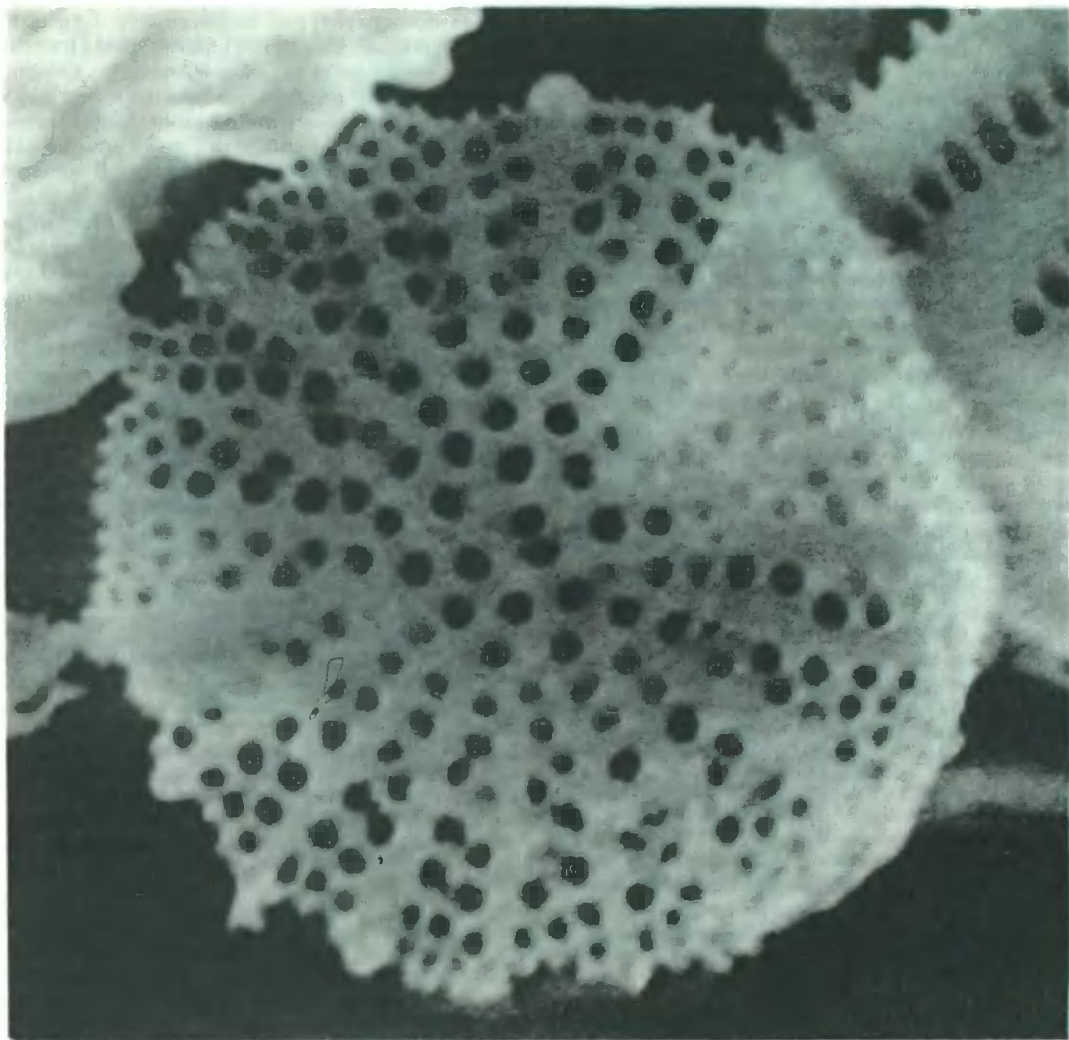


Stephanodiscus astraea var. *minutulus*, увел.
~10 500 раз.

Первые обстоятельные наблюдения провел в 1817 г. Ницш, который объединил все известные к тому времени диатомеи в один род *Bacillaria*, хотя неподвижные формы он рассматривал как растения, а подвижные — как животных. Несколько позднее, в 1825 г., шведский миколог Фриз высказал оригинальное мнение, что диатомовые — это существа, промежуточные между органическим и

неорганическим миром, в некотором роде органокристаллы, подобно тому как зоофиты являются переходными существами между животным и растительным миром. Необычную точку зрения высказал в 1822 г. Винсент, который установил род *Navicula*, рассматривая его представителей как существ, попеременно принимающих вид то животных, то растений. И только в 1826 г. французский ученый Тюрпен высказал мнение, что навикула — не что иное, как простая растительная клетка, и описал строение панциря диатомей.

С середины прошлого столетия начался период детального изучения диатомовых водорослей как за рубежом, так



Stephanodiscus hantzschii, увел. $\sim 17\,500$ раз.

СЮРПРИЗЫ НЕИСЧЕРПАЕМЫ

и в России. С того времени накопился огромный материал о строении, распространении, химии, биологии, экологии диатомей. Из русских ученых существенный вклад в познания о диатомовых водорослях внесли И. Г. Борцов, К. С. Мережковский, а в советское время В. С. Порецкий, А. И. Прошкина-Лавренко, В. С. Шешукова-Порецкая, А. П. Жузе, И. А. Киселев и многие другие.

Чем же объясняется обособленность диатомей от других микроскопических водорослей? Почему так долго не была установлена истинная их природа? Это связано, прежде всего, с наличием у них прозрачного кремневого панциря, внутри которого и заключен протопласт клетки. Панцирь образован из двух половинок, одна из которых (эпитека) надвинута на другую (гипотека). Каждая из них обычно состоит из двух частей — створки и пояскового ободка. Форма панцирей чрезвычайно разнообразна и зависит от формы створок, которые бывают круглыми и продолговатыми. Панцири диато-

меей отличаются, как правило, геометрически правильным строением: панцири с круглыми створками (центрические) имеют радиальную симметрию, панцири с продолговатыми (пennатные) — двустороннюю. Форма и структура панциря играют решающую роль в систематике диатомей, поскольку каждому виду или роду свойственны своя форма створки и совершенно определенные детали структуры, их расположение и частота. Структура створок необычайно тонка и сложна. Это поистине совершенное творение природы!

Изобретение светового микроскопа явилось первым чудом, позволившем человеку проникнуть в неведомый прежде мир и узнать о существовании мельчайших животных организмов. При увеличении порядка 1000 раз под микроскопом обычно хорошо видна сложная структура панцирей диатомей, состоящая из ареол, точек, штрихов, ребер, выростов, шипиков и т. д. Но есть настолько мелкие и нежные формы, что они еле различимы и структуру их невозможно разглядеть при таком увеличении. При большем же увеличении теряется четкость изображения, мелкие детали расплываются. Поэтому некоторые формы при изучении комплексов диатомей, особенно ископаемых, так и остаются не определенными.

Тут-то на помощь исследователям пришел электронный трансмиссионный микроскоп, разрешающая способность которого в десятки и сотни раз выше по сравнению с световым микроскопом. Его чуткое око уловило такие детали в строении панциря, о которых раньше и не подозревали. Структура панцирей диатомей оказалась куда более сложной! Стало видно, что «точки» — это не точки, а мельчайшие отверстия, пронизывающие створки, что штрихи и ребра также состоят из пор и ареол, что поры и ареолы сами по себе еще отличаются сложными деталями строения и т. д. Электронно-микроскопическое изучение структуры панциря диатомей началось с 40-х годов нашего столетия. К настоящему времени известны детали структуры более 1000 видов. Выявление новых деталей, разнообразных и сложных, вызвало необходимость создания новой классификации структурных элементов.

Наконец, новейшую эру в исследовании диатомей открыло применение электронного сканирующего микроскопа, который при огромных увеличениях (до 50 тыс.) дает прекрасные объемные изоб-

ражения структуры поверхности благодаря большой глубине резкости. Выявились совершенно неожиданные детали, что вызвало необходимость в некоторых случаях пересмотра прежних представлений о принадлежности той или иной формы к определенному роду. В качестве примера можно привести форму, описанную в свое время как вид рода *Stephanodiscus*¹⁰. Изучение ее в сканирующем микроскопе позволило выявить новые, ранее неизвестные детали тонкой структуры. Просмотр массового материала показал, что имеются существенные различия в строении наружной и внутренней поверхности стенки створок. А этот признак характерен для другого рода — *Cyclotella*¹¹. В световом же микроскопе не только невозможно было уловить эти различия, но и оставались невидимыми многие важные детали.

По-видимому, в дальнейшем более широкое применение трансмиссионных и сканирующих электронных микроскопов внесет большие изменения не только в терминологию, касающуюся структуры панциря диатомей, но и в систематику.

¹⁰ Купцов И. А. Новый вид рода *Stephanodiscus* Ehr. в плиоценовых отложениях Нижней Камы. — «Бот. мат. Отд. спор. раст. БИН АН СССР», 1962, вып. 15.

¹¹ Идея принадлежит И. В. Макаровой.

Тигр-людоед в Приморском крае

В. И. Животченко

Лазовский государственный
заповедник им. Л. Г. Капранова
Приморский край

В феврале 1976 г., впервые за последние полстолетия, в Приморском крае был отмечен случай людоедства тигром. После этого недалеко от места происшествия был отстрелян крупный, нестарый самец, без следов ран или травм, сохранившиеся же следы были оставлены явно другим, меньших размеров зверем, т. е. повторилась классическая схема, много раз описанная английским охотником-натуралистом Дж. Корбеттом: тигр-людоед убивает человека, а уничтожают первого попавшегося ни в чем не повинного зверя.

В последние десятилетия, в связи с ростом численности тигров и все большим освоением территории края, хищники встречаются с людьми довольно часто¹. Но такие столкновения в большинстве случаев неожиданны не только для человека, но и для зверя: ведь, как правило, тигры, даже в критической ситуации избегают встреч с человеком. Так, зимой 1974/75 г. лесничий Лазовского заповедника В. И. Шевченко в одной из бухт на побережье наткнулся на тигра. Путь к отступлению у хищника было два: один — по берегу, где стоял человек, другой — вверх по распаду, но там была высокая наледь. Человек выстрелил в воздух, и тигр прыгнул на наледь, но сорвался. Только с третьей попытки зверь преодолел преграду, но на человека не бросился.

Довольно часто тигр проходит по следам человека, однако истолковывать это как охоту за людьми не верно. Как правило, тигры на своем участке вообще не преследуют добычу по следу; просто они пользуются проложенными дорогами, тропами, перевалами. Хотя в некоторых случаях зверь идет по следу человека из любопытства.

Реальная опасность для человека может возникнуть тогда, когда с ним идет собака.

По мнению И. Б. Шишкина, тигр может нападать на человека при следующих обстоятельствах: когда преследуют раненого тигра; если подходят к тигру, остановленному собаками; в случае приближения к тигрятам; при неожиданном для тигра появлении человека особенно ночью; когда подходят к добыче тигра или забирают ее с собой; в случае преследования тигра, когда зверь не может поест и, отдохнуть. Но и в этих случаях тигр нападает далеко не всегда².

Почему же тигр превращается в людоеда? Замечательный знаток амурского тигра, русский охотник-натуралист Н. А. Байков писал: «У старого тигра обыкновенно стерты и обломаны зубы, нормальный рост когтей нарушается, и они становятся хрупкими, тупыми и слабыми; мускулатура уменьшается в объеме... Такой зверь часто становится людоедом...»³ Причиной перехода тигра к людоедству, писал Дж. Корбетт, «в девяти случаях из десяти являются раны, а в одном случае — старость»⁴.

На участках с низкой плотностью диких копытных — основного объекта питания тигров (при их высокой численности) — хищникам зачастую не хватает их естественной пищи. В таких условиях самой доступной добычей для тигров становятся домашние животные.

Амурский тигр хорошо приспосабливается к быстро меняющимся под воздействием человека условиям окружающей среды. Следы тигров систематически встречаются среди полей и лугов, на автомобильных трассах. В состав всех семейных участков тигров, обитающих на территории Лазовского заповедника (и сопредельной), входят поля, старые вырубki, гари и очень большие площади вторичных, в той или иной степени измененных под воздействием человека, лесов.

Почему же на Дальнем Востоке именно в последние годы тигры стали чаще нападать на скот? Напомним, что интенсивное освоение природных богатств края в конце XIX в., сведение лесов, не контролируемая охота на копытных и истребление самих тигров привело к резкому снижению их численности за сравнительно короткий период. Уже к 1915 г. тигр стал малочислен в большинстве районов края.

В 1947 г. была запрещена охота на тигра, а с 1956 г. — сроком на 5 лет и отлов тигрят. Численность тигров начала увеличиваться, и они стали появляться в местах прежнего обитания⁵. На-

¹ Кучеренко С. П. К экологии амурского тигра. — «Охота и охотничье хозяйство», 1972, № 1.

² Шишкин И. Б. Тигр. М., 1974, с. 36—41.

³ Байков Н. А. Маньчжурский тигр. Харбин, 1925, с. 8.

⁴ Корбетт Дж. Кулаонские людоеды. М., 1957, с. 5.

⁵ Кучеренко С. П. К экологии амурского тигра. — «Охота и охотничье хозяйство», 1972, № 1; Юдаков А. Г. Состояние популяции амурского тигра в Приморском крае. — «Зоологический журнал», 1973, вып. 6.

чая с 60-х годов число нападений тигров на скот резко увеличилось по всему краю, особенно на юге Приморья. В Лазовском районе такие случаи участились с осени 1968 г., а после 1970 г. стали обычным явлением.

К 1970 г. на территории Лазовского заповедника (и сопредельной) численность тигров, очевидно, достигла максимума, и размещение их стабилизировалось. Постоянно в заповеднике тигры не живут. Однако сюда регулярно заходят 18 тигров — 4 самца, 7 самок и 7 молодых (3—4 семьи). По данным учетов, на территории заповедника, занимающего площадь ~116,5 тыс. га, одновременно может находиться 8—10 тигров. Площадь семейного участка, на котором мы ведем стационарные наблюдения, составляет около 50 тыс. га, из которых на территорию заповедника приходится всего около 20 тыс. га.

Видимо, основная причина увеличения числа нападений тигров на скот — рост численности тигров при сохраняющейся очень низкой плотности диких копытных и увеличение поголовья домашних животных.

Следует иметь в виду, что на домашних животных иногда нападают не местные, а проходящие особи или молодые тигры, когда покидают семейные участки родителей, но если численность диких копытных достаточно высокая, а зверь не стар и не болен — это, как правило, еще не ведет к специализации на питании домашними животными.

Увеличение численности тигра в Лазовском заповеднике не привело к резкому снижению количества кабана, изюбра и пятнистого оленя, хотя тигр и становится основным хищником, регулирующим их численность. В районах с развитым животноводством дальнейший рост численности тигров, очевидно, может происходить практически лишь за счет специализации на питании домашними животными.

Участившиеся случаи нападения тигров на домашних

животных, а также широко распространенное среди местного населения мнение, что этот хищник подрывает запасы диких копытных, являются причинами резко возросшего в последние годы числа браконьерских отстрелов тигров. А возможностей для этого — с увеличением числа встреч — становится все больше. Так, в 1965—1970 гг. погибло 70 тигров. По данным А. Г. Юдакова, от выстрелов при случайных встречах погибло 47 тигров, при их попытках напасть на домашний скот — 15, при охоте на тигров — 4, при отлове тигрят — 2 тигрицы и только 2 тигра погибло в схватке с медведем и кабаном. Интенсивный отстрел тигров ведет к нежелательному появлению раненых зверей.

В настоящее время численность тигров в Приморье гарантирует сохранение этого подвида на территории СССР, но необходим постоянный контроль за состоянием популяции тигров и объектов их питания. Исходя из состояния кормовой базы тигра можно установить возможную численность тигров для каждого района.

Желательно увеличить площадь или изменить границы Лазовского и Сихотэ-Алинского заповедников таким образом, чтобы на территории каждого оказались полностью 1—2 семейных участка тигров.

В местах с большим количеством тигров надо организовать заказники для сохранения высокой плотности копытных, а в неблагоприятные годы, когда численность копытных резко уменьшается, полностью запрещать их отстрел.

При выполнении всех этих условий можно сохранить существующую (а в некоторых районах даже увеличить) численность амурского тигра, включенного в «Красную Книгу СССР». Но для безопасности людей и во избежание ущерба для народного хозяйства необходимы срочные меры для ликвидации незаконных отстрелов тигров, которые способствуют появлению зверей-калек, переходящих на добычу домашних животных и

могущих превратиться в людоедов.

Так как тигр-людоед, о котором шла речь в начале статьи, не убит, определить причины, побудившие его к нападению на человека, к сожжению, невозможно. Очень важно поэтому в дальнейшем быстро и тщательно расследовать все случаи нападения тигров на скот и людей, а потенциально опасных зверей изымать.

УДК 59

Селевиния

Л. В. Жирнов

Кандидат биологических наук

В. А. Орлов

Москва

Селевиния (*Selevinia betpakda-lensis*) — один из самых редких и малоизученных грызунов фауны мира. Примечательна история открытия селевинии. В 1938 г. в сравнительно хорошо изученном районе Казахстана — в пустыне Бетпак-Дала, к западу от оз. Балхаш, экспедиция, возглавляемая В. А. Селевиным, добыла 5 особей неизвестного ранее грызуна, которому вначале было дано условное название боялычная мышь. Но впоследствии оказалось, что пойманный грызун не имеет никакого отношения ни к мышам, ни к другому какому-либо семейству отряда грызунов. После всестороннего исследования зоологи описали новый вид млекопитающих и в честь В. А. Селевина присвоили этому грызуну название селевиния. Оказалось, что селе-

виния не только новый вид и новый род, но и представитель особого, ранее не описанного семейства грызунов. Так в научной классификации млекопитающих появилось особое семейство селевининовых.

Селевиния — небольшой (до 9,7 см длины) грызун, внешне похожий на мышь. Относительно короткое тело покрыто мягкой пушистой шерстью серого цвета с характерным струйчатым черноватым рисунком. Брюшко, а также подбородок и горло светлые, почти белые. Хвост несколько короче тела, сверху покрыт черноватыми, а снизу белесыми короткими густыми волосами. Глаза и уши большие, Ушные раковины округло-вытянутой формы очень подвижны, они могут складываться в трубку или разворачиваться.

Интересно, что этот грызун имеет

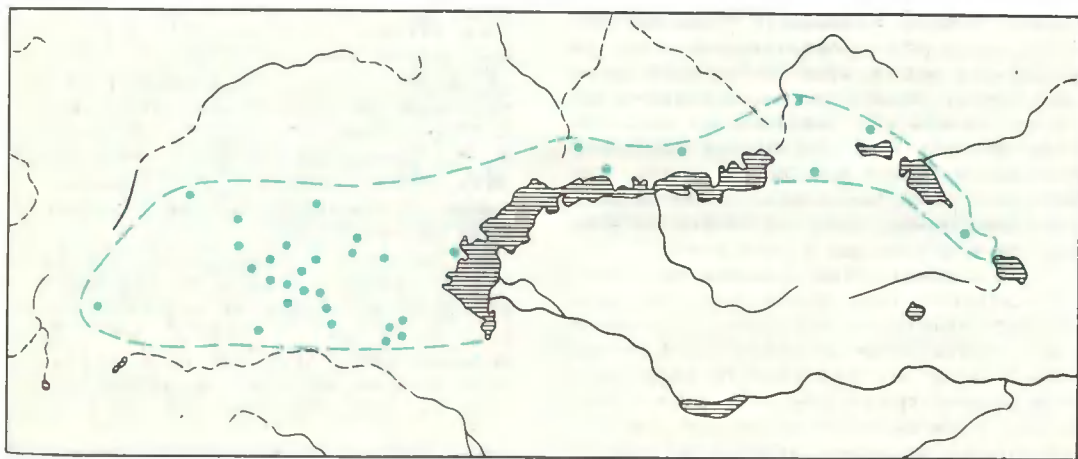
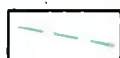


Схема распространения селевинии (по М. М. Исмагилову, 1961, и др.).



граница ареала



места находок селевинии



Селевиния

Фото А. Г. Баникова.

совершенно особое строение зубов. В отличие от зубов других грызунов, коренные и предкоренные зубы селевинии слабо развиты и имеют весьма примитивное строение. Предкоренные зубы очень малы и легко выпадают из альвеол, которые потом зарастают. Коренные зубы имеют низкую коронку с блюдцеобразной жевательной поверхностью и по три сросшихся корня, один из которых длиннее других. Резцы, особенно верхние, хотя и крупные, но жевательная мускулатура развита слабо, и поэтому резцами селевиния может разгрызать только довольно слабый хитиновый покров насекомых (например, кожу на пальце человека она прокусить не в состоянии).

Строение зубов, а также небольшая относительно тела длина кишечно-желудочного тракта характеризуют селевинию как грызуна, питающегося в основном насекомыми, что уже само по себе явление редкое среди грызунов. Приспособление к питанию относительно мягкими животными кормами, видимо, и определило вторичное упрощение строения зубов у этого зверька. Наличие же некоторых признаков (небольшая длина кишечника, отсутствие слепой кишки, слабая дифференцировка жевательной мускулатуры и др.) указывает на значительную древность этих грызунов. По строе-

нию черепа и других органов селевинии имеют некоторое сходство с сонями, в частности с мышевидной соней (*Myomimus personatus*). На этом основании некоторые исследователи рассматривали этого грызуна как особую эволюционную ветвь сонь и соответственно считали селевинию особым представителем подсемейства в семействе сонь¹.

Селевиния — эндемик юго-восточного Казахстана, нигде за пределами этой территории пока не обнаружена. Ареал этого грызуна простирается неширокой полосой от района Бетпак-Дала, по Северному Прибалхашью и через Алакульскую впадину до Джунгарских ворот. Внутри ареала находки селевинии известны из немногих мест, что указывает на спорадичное распространение этого зверька по территории. И, по мнению зоологов А. С. Бурделова и О. Б. Россинской, объясняется особыми требованиями к среде обитания и выборе конкретных мест обитания².

Биология и образ жизни селевинии изучены недостаточно, и до сих пор этот своеобразный зверек не выдает зоологам всех своих тайн. С 1938 г. всего было поймано около трех десятков селевиний, хотя многие зоологи специально охотились за этим зверьком. Но ни в какие

¹ Огнев С. И. Звери СССР и прилежащих стран. Т. V. 1947, М. — Л., с. 551—558.

² Бурделов А. С., Россинская О. Б. Об ареале селевинии (боялычевой сонь) и некоторых особенностей ее экологии. — «Зоологический журнал», 1959, т. 38, вып. 6.

ловушки селевиния не попадает. Зверьков ловят, если способствует этому удача, только руками, обследуя заросли кустарников в предвечерние часы, главным образом на равнинах глинисто-щебнистых полупустынь в зарослях боялыча, терескена, караганы и саксаула. Селевиния ведет наземный образ жизни. В предвечерние часы перед заходом солнца зверьки выходят из укрытия, где они прячутся от дневной жары. Селевинии передвигаются по земле небольшими прыжками или своеобразной иноходью. Но, охотясь на саранчу и других насекомых, залезают на ветки и стволы невысоких кустарников.

В природе немногим зоологам удавалось наблюдать селевиний. Интересно описание охоты селевиний на саранчу, которую наблюдал зоолог М. Н. Ионов. «На вечерней заре, когда саранча сидит на вершине куста и периодически издает трещащие звуки, селевиния начинает охотиться. Услышав этот звук, зверек вприпрыжку отправляется к кусту, где сидит насекомое, и издает трещащий звук, тождественный сигналу тревоги у этих насекомых. Саранча, восприняв тревогу, прыгает с куста, чтобы спрятаться, и тут-то становится добычей зверька. Селевиния охватывает насекомое передними лапами, прокусывает ему голову, садится на задние лапы и начинает поедать его с головы, всегда оставляя хитин»³. Поедает селевиния и других насекомых и пауков, которые в вечерние или утренние часы из-за прохлады становятся малоподвижными, что облегчает охоту на них селевиний. В неволе селевинии, кроме насекомых, охотно поедали сырое мясо, сушеные яблоки, при этом суточное потребление кормов было равно весу самого зверька.

Процесс размножения селевиний почти не изучен. Беременные и лактирующие самки отлавливались в период с мая по конец июня. Видимо, селевинии размножаются один раз в год. В помете может быть до 8 детенышей, обычно же меньше — 2—4.

В природе пока не было найдено гнезд или нор, принадлежащих этому грызуну. Однако С. С. Соколов⁴ одна-

жды в июле нашел несколько беспомощных детенышей в неглубоких ямках-канавках, вырытых тушканчиками при добывании луковиц тюльпанов. Видимо, это были все-таки временные убежища, которыми самка селевинии воспользовалась при транспортировке детенышей из основного гнезда или норы. Кроме таких «гнезд», других специальных убежищ, принадлежащих этому грызуну, в природе не обнаружено.

Судя по находкам остатков селевиний в погадках небольших сов-сычей, эти ночные хищные птицы могут нападать на селевиний. У селевинии интересен и необычен процесс линьки. Линька происходит в декабре и продолжается около месяца. Во время линьки старые волосы выпадают вместе со слоем эпидермиса, и на этом месте на коже появляется уже хорошо развитая щетка новых густых волос, которые растут довольно быстро — до 0,5 мм в сутки, достигая к зиме 10 мм⁵.

Как представитель эндемичного семейства отряда грызунов нашей фауны селевиния должна быть обеспечена специальными мерами охраны. Внесение селевинии в «Красную Книгу СССР» поможет сохранить этого интересного зверька. Угроза утраты селевинии таится в редкости этого зверька, поэтому неконтролируемый отлов селевиний с целью сбора коллекционного материала может подорвать и без того малочисленное поголовье этого зверька. Следует установить строжайший контроль даже за отловом селевиний в научных целях. Кроме того, при организации новых заповедников в пустынях Казахстана нужно предусмотреть включение районов обитания грызунов в границы заповедных участков с установлением режима абсолютной охраны естественных экосистем. Селевиния, как уникальный представитель отряда грызунов, должна быть сохранена.

³ Зверев М. Д. Новый зверек в нашей фауне — пустынная соня. — «Природа», 1940, № 10.

³ Ионов М. Н. Наблюдения над боялычной соней из Бетпак-Дала. — «Изв. АН КазССР. Сер. зоол.», 1948, вып. 7.

⁴ Соколов С. С. О размножении селевинии. — «Уч. зап. Алма-Атин. гос. пед. и учит. ин-та», 1955, вып. 6.

Астрофизика

Сверхновая
Куручкина

24 сентября 1976 г. московский астроном Н. Е. Куручкин на Крымской станции Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга открыл Сверхновую вблизи безымянной галактики с координатами (1950): прямое восхождение $3^h 34^m,6$, склонение $+33^\circ 27'$ (это уже вторая Сверхновая, открытая Н. Е. Куручкиным). Сверхновая расположена в 12 секундах дуги к югу от центра галактики и в момент обнаружения имела фотографическую звездную величину 16,5. Через три дня, 27 сентября, блеск достиг, по видимому, максимального значения — 16,4; 3 октября упал до 16,7. В дальнейшем блеск Сверхновой ослабевал и к середине октября 1976 г. достиг 17,2. Таким образом, Куручкину удалось захватить момент максимума блеска.

Галактика, в которой вспыхнула Сверхновая, содержится в каталоге галактик, составленном американским астрономом Ф. Цвикки, одним из пионеров изучения Сверхновых. К сожалению, эта галактика не имеет измеренной лучевой скорости, что не позволяет точно оценить расстояние до нее. Грубую оценку можно сделать по видимому диаметру галактики (24 секунды дуги), полагая его равным некоторой типичной величине 10—20 кпс. Такая оценка привела Куручкина к заключению, что истинная светимость Сверхновой в момент максимума соответствует абсолютным величинам типичных Сверхновых. Напомним, что Новая в созвездии Лебедя, открытая в августе 1975 г. на Крымской станции ГАИШа С. Шугаровым, имела необычно большую амплитуду вспышки, что приближало эту

Новую к Сверхновым¹. Лишь дальнейшие спектроскопические наблюдения показали, что Новая Лебедя 1975 г. — действительно Новая.

На Крымской станции ГАИШа ведется регулярное патрулирование избранных площадок неба для поисков Сверхновых. Эта программа начата в 1961 г. по инициативе Б. В. Кукаркина. Наблюдения производятся с помощью широкоугольного астрографа, пластинки просматриваются на специальном приборе — блинк-микроскопе, предназначенном для выявления переменных звезд. Сотрудники ГАИШа обнаружили свыше десяти Сверхновых. Кроме того, с помощью 125-сантиметрового рефлектора получают спектры Сверхновых, позволяющие классифицировать их типы. К сожалению, большинство Сверхновых слишком слабы для детального исследования.

Средняя частота вспышек Сверхновых в одной галактике примерно соответствует одной вспышке за 100 лет. Правда, встречаются галактики с аномально высокой частотой, в которых за относительно короткое время уже зарегистрировано по несколько Сверхновых. Обычно это спиральные галактики, по-видимому, с необычно высоким темпом звездообразования. Последняя яркая (оптическая) вспышка Сверхновой в нашей Галактике была в 1604 г. (Сверхновая Кеплера). Более поздняя вспышка 1667 г. не была замечена астрономами. Ее остатки обнаружены уже в наши дни радиоастрономическими методами, а возраст Сверхновой 1667 г. вычислен путем экстраполяции (речь идет об объекте Кассиопея А). Известная Крабовидная туманность в Тельце

связана со Сверхновой 1054 г., о чем упоминается в древних китайских, японских и корейских хрониках.

Вспышки Сверхновых — одно из самых грандиозных явлений во Вселенной. Выделяемая при этом энергия (10^{48} — 10^{50} эрг) сравнима по порядку величины с гравитационной энергией звезды. При взрыве Сверхновой большая часть массы звезды разлетается с огромной скоростью; остается небольшое, весьма плотное нейтронное ядро. Точные причины взрыва Сверхновых неясны. Вероятнее всего, эта катастрофа связана с потерей устойчивости звезды при исчерпании ядерных источников энергии на поздних стадиях эволюции. Звезда, лишенная лучевого давления, противостоящего гравитации, коллапсирует. В центре резко повышается давление, что приводит к образованию сильной ударной волны и разлету вещества звезды.

Вспышки Сверхновых, помимо связи с эволюцией звезд, информативны и в другом направлении. Принято считать, что все химические элементы таблицы Менделеева тяжелее водорода и гелия образовались в недрах звезд. При взрывах Сверхновых тяжелые химические элементы выбрасываются в окружающую среду и обогащают межзвездный газ, из которого затем образуются более молодые звезды второго поколения. Наше Солнце, по-видимому, также возникло в среде, обогащенной тяжелыми химическими элементами. Таким образом, атомы всех окружающих нас тел когда-то были выброшены из Сверхновых и долго путешествовали по Галактике, прежде чем войти в состав Солнечной системы.

Э. А. Дибай

Доктор физико-математических наук
Москва

¹ Подробнее об этом см.: — «Природа», 1976, № 3, с. 122.

Астрономия

Звездное скопление в созвездии Сетка

В Местную группу галактик¹ входит шесть малонаселенных эллипсоидальных звездных систем и около десятка далеких малонаселенных шаровых скоплений, которые из-за удаленности можно считать самостоятельными звездными системами. Недавно группа этих объектов пополнилась еще одним членом.

Дж. Л. Серсик (астрономическая обсерватория в Кордобе, Аргентина), просматривая фотографии неба, полученные несколько лет назад на советском 60-сантиметровом телескопе в Сьерро-Калан (Чили), открыл необычный объект в созвездии Сетка, в 11° от центра Большого Магелланова Облака. На снимке объект выглядит как малонаселенное шаровое скопление или карликовая эллипсоидальная галактика.

Детальное исследование этого скопления в Сетке провели В. Кункель и С. Демерс с помощью 4-метрового рефлектора (Межамериканская обсерватория, Сьерро-Тололо, Чили). На полученном ими снимке в круге диаметром $5'$ видно несколько сот очень слабых звезд. Двадцать пять из них оказались переменными звездами типа RR Лиры, которые часто встречаются в шаровых скоплениях. Таким образом, Кункель и Демерс подтвердили предположение, что это бедно населенное шаровое скопление. Расстояние до скопления в Сетке 48 кпс (157 тыс. световых лет).

Сравнивая результаты наблюдений аналогичных звездных систем с собственными наблюдениями, Кункель и Демерс открыли группу систем, звездное население и распределение по небесной сфере которых согласуются с гипотезой их об-



Фотография шарового скопления в созвездии Сетка, полученная В. Кункелем на 4-метровом телескопе в Сьерро-Тололо.

Астрономия

Радиолокационные исследования поверхности Венеры

разования путем приливного действия Магеллановых Облаков на нашу Галактику. Динамические аспекты этой гипотезы сейчас анализируются на ЭВМ.

В. К. Головкин, Б. И. Кузнецов, Г. М. Петров, А. Ф. Хасянов (Институт радиотехники и электроники АН СССР) в мае — июне 1972 г. с помощью радиолокатора Центра дальней космической связи исследовали отражательную способность экваториальных

¹ Подробнее о Местной группе галактик см.: Псковский Ю. П. «Перепись населения» Местной группы галактик. — «Природа», 1972, № 8.

По материалам: «Astrophysical Journal», 1976, v. 208, p. 932—943; «Informational Bulletin on the Southern Hemisphere», 1975, № 27, p. 18 (США).

областей поверхности Венеры (на волне 39 см в интервале планетоцентрических долгот 290—340°). Разрешающая способность радиолокатора достигала 1,2 км. Выделение сигналов, отраженных от отдельных участков поверхности планеты, позволило обнаружить изменения интенсивности отраженного сигнала и тем самым оценить эффективную площадь отражающих участков поверхности, а также их средние наклоны.

Обнаружены участки поверхности Венеры с аномальными отражающими свойствами, причем их координаты близки к координатам аномально отражающих областей C2 и D3, наблюдавшихся Р. Карпентером (США) в 1962 и 1963 гг. Результаты наблюдений советских специалистов указывают, что эти области скорее всего имеют различную структуру поверхности: область C2, по-видимому, характеризуется более высоким коэффициентом отражения материала поверхности, а область D3 — большей неровностью.

Новые наблюдения областей C2 и D3 позволили более точно определить период вращения Венеры вокруг оси, оказавшийся равным $243,06 \pm 0,05$ сут.

«Астрономический журнал», 1976, т. 53, вып. 2, с. 411—417.

Астрофизика

Колебания солнечной атмосферы

21 июня 1976 г. с космодрома на мысе Канаверал (США) был запущен спутник «OSO-8», предназначенный для исследований нижней короны и хромосферы Солнца и регистрации излучений от этих областей в гамма-, рентгеновском и ультрафиолетовом спектральных диапазонах¹.

¹ Подробнее о спутнике «OSO-8» см.: — «Природа», 1976, № 5, с. 133.

В состав бортового научного оборудования спутника входит французский ультрафиолетовый прибор с высоким разрешением. Группа французских специалистов, проводящая исследования с помощью этого прибора, зарегистрировала колебания солнечной атмосферы с периодом 14 мин. За такое время атмосфера поднимается и опускается на 1300 км.

Согласно заявлению Р. Томаса (Космический центр им. Годдарда, США), предполагалось, что с помощью усовершенствованных приборов, установленных на спутнике «OSO-8», будут зарегистрированы сравнительно небольшие колебания солнечной атмосферы с периодом примерно 5 мин; никто не ожидал таких больших колебаний, которые, возможно, носят глобальный характер. Для специалистов это совершенно неожиданное явление, причин которого они пока не знают, но предполагают, что на Солнце, возможно, происходят процессы, в некотором роде напоминающие сейсмическую активность.

«Flight International», 1976, v. 110, № 3522, p. 852 (Великобритания); «Сообщение NASA для печати № 76-141» (США).

Астрономия

Комета Уэста

Открытая в конце 1975 г., комета Уэста достигла 25 февраля 1976 г. точки своей орбиты, минимально удаленной от Солнца. По измерениям Д. Элмора и С. Кутчи (Обсерватория Сакраменто-Пик, штат Нью-Мексико, США), ее яркость в этот день достигла минус 3,65 звездной величины. Это немалая яркость для кометы: еще 23 февраля, когда она находилась на равном расстоянии от Солнца с известной кометой Когоутека (1973 f), имевшей в тот момент максимум блеска, комета Уэста, согласно наблюдениям Э. П. Нея и Дж. Стоддарта (Университет штата



Комета Уэста. Снимок сделан С. Ю. Шугаровым в ночь с 29 на 30 марта 1976 г. на Крымской станции Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга.

Миннесота), превосходила ее на 1,4 звездной величины.

Вблизи Солнца ядро кометы Уэста распалось на четыре части в связи с усилившимся приливным действием Солнца. Наблюдения Зд. Секанины (Астрофизический

центр в Кембридже, штат Массачусетс) позволили установить, что 22 февраля вторичное ядро В отделилось от первоначального ядра А. Ядро D отделилось от ядра В, по-видимому, 25 февраля, а ядро С отделилось от ядра А 5 марта (оно просуществовало недолго и в конце марта уже не наблюдалось).

После прохождения точки перигелия хвост кометы заметно увеличился. На хвост, состоящий из плазменных частиц, наложился хвост, образованный так называемыми синхронными полосами (их число достигало 20). Эти полосы совершали поступательные движения и одновременно поворачивались относительно менее яркого плазменного хвоста.

Для определения химического состава кометы были проведены спектроскопические наблюдения в видимом, инфракрасном, радио- и, впервые, в ультрафиолетовом диапазонах. Наблюдения в ультрафиолете осуществлялись Ч. А. Бартом и С. Лоуренсом (Университет штата Колорадо) с помощью оборудования, установленного на борту исследовательской ракеты типа «Аэроб», специально запущенной 5 марта. Получены данные о наличии в теле кометы кислорода, углерода и окиси углерода.

Дж. С. Уэббер, Л. Э. Снайдер и Р. М. Кратчер (Университет штата Иллинойс), наблюдавшие комету в радиодиапазоне, обнаружили эмиссию радикала гидроксила. Данные наблюдений в видимой части спектра, проводившихся во многих обсерваториях, говорят о присутствии в теле кометы углерода (в двух- и трехатомной его комбинациях), циана, радикалов CN, натрия и положительно ионизованных молекул воды.

К 18. марта видимый блеск кометы составлял 3,1 звездной величины. Три вторичных ядра продолжали удаляться от ядра А. Длина хвоста кометы превысила 75 млн км.

«Science News», 1976, v. 109, № 13, p. 198—199 (США).

Астрономия

Галилеевы спутники Юпитера

Когда в 1973 г. Земля пересекла плоскость экватора Юпитера, астрономы в течение нескольких месяцев могли тщательно наблюдать затмения четырех крупнейших, открытых еще Галилеем, спутников планеты-гиганта: Ио, Ганимеда, Европы и Каллисто. Наблюдения были организованы на международной основе, штаб-квартирой служила Ловедловская обсерватория (Флагстафф, США). К настоящему времени К. Экснес и Ф. Франклин (Гарвардско-Смитсоновский астрофизический центр, США) закончили анализ наблюдений 23 обсерваторий, расположенных на всех континентах.

Прежде всего, удалось уточнить относительные размеры спутников Юпитера. Приняв диаметр Ио равным 3640 км (эта величина была получена во время наблюдений покрытия Ио звезды β Скорпиона в мае 1971 г.), Экснес и Франклин нашли значения диаметров остальных галилеевых спутников (см. табл.).

Диаметры галилеевых спутников Юпитера

Спутник	D, км
I Ио	3640
II Европа	3066 ± 54
III Ганимед	5126 ± 64
IV Каллисто	4890 ± 150

Как оказалось, Каллисто по величине равен Меркурию, а Ганимед даже превосходит его.

Анализ фотометрических затмений и покрытий, в принципе, позволяет построить карту темных и светлых областей диска спутников. Обработка наблюдений затмений 1973 г. показала, что наилучшее согласие наблюдательных данных и расчетов получается, если

предположить, что диски галилеевых спутников имеют одну-единственную яркость.

Результаты наблюдений 1973 г. свидетельствуют также, что элементы орбит, использованные в общепринятых «Таблицах четырех крупнейших спутников Юпитера» Сэмпсона (1910), нуждаются в поправках. Новые эфемериды Экснеса и Франклина позволяют увеличить точность предсказания положений спутников в 10 раз.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 4, p. 229 (США).

Астрономия

Измерения концентрации водорода в атмосфере Марса

Э. С. Баркер (Обсерватория Принстонского университета, США) сообщил о результатах наблюдений атмосферы Марса в 1975 г. с помощью приборов, установленных на борту американского ИСЗ «Коперник».

Эмиссия водорода в атмосфере Марса, наблюдавшаяся в линиях $L\alpha$, имеет интенсивность $3,2 \pm 0,8$ килорэлей, что значительно превышает данные измерений с борта межпланетных станций «Маринер-6» и «Маринер-7», выполненных при полете вблизи Марса в 1969 г.

Температура экзобазы — атмосферного слоя Марса, откуда уходит основная часть водорода в космическое пространство, — составляла, по измерениям с Земли во время полета «Коперника», всего 260 К, тогда как в период полетов «Маринеров» она достигала 350 К. В связи с этим Дж. Лавин и Д. Макгал (Исследовательский центр им. Лэнгли Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США) делают вывод, что в период измерений, выполнявшихся «Коперником», скорость истечения газа составляла всего 1/4 скорости, отмеченной во время прежних эксперимен-

тов. Это может быть связано с тем, что в 1969 г. Солнце находилось в максимуме своей активности, а во время полета «Коперника» — в минимуме, который начался с 1973 г. Чтобы поддерживать баланс в условиях такого истечения газа, количество водорода на уровне экзобазы, т. е. примерно на высоте 200 км над поверхностью Марса, должно быть в 4 раза больше, т. е. составлять около 100 тыс. атомов/см³. Яркие измерения, выполненные для проверки такой оценки, подтвердили ее.

«Science News», 1976, v. 109, № 18, p. 282 (США).

Планетология

О происхождении Луны

Существуют три гипотезы, объясняющие происхождение естественного спутника нашей планеты: раскол прежде единого тела на Землю и Луну в ходе некоей космической катастрофы; самостоятельное образование Луны из протопланетного облака вблизи Земли и, наконец, подобное же образование ее в более отдаленной области Вселенной с последующим захватом полем тяготения нашей планеты.

Дж. О'Киф (Годдардовский центр космических полетов НАСА, Гринбелт, штат Мэриленд) и лауреат Нобелевской премии Г. С. Юри (Университет штата Калифорния, Беркли) произвели математическую проверку этих гипотез с учетом всей совокупности данных о массе, строении, химическом составе, термодинамике, поле тяготения и других известных параметров обоих небесных тел.

Результаты всестороннего анализа убедили О'Кифа и Юри в справедливости лишь первой гипотезы; две другие, по их мнению, не в состоянии удовлетворительно объяснить практическое отсутствие у Луны металлического ядра. Кроме того, породы, доставленные с Луны, указывают

на явный «недостаток» в ее коре золота, платины и других благородных металлов. Оба эти факта, по мнению авторов, могут найти объяснение только в модели возникновения Луны путем разрушения единого небесного тела.

По материалам: «NASA News Release», 1975, № 75, p. 171 (США); «Umschau in Wissenschaft und Technik», 1976, В. 76, S. 688 (ФРГ).

Планетология

Названия деталей рельефа Меркурия

На XVI Генеральной ассамблее Международного астрономического союза (МАС), проходившей в августе — сентябре 1976 г. в Гренобле (Франция), были утверждены правила наименования деталей рельефа Меркурия и собственные названия 135 кратеров, 7 равнин, 1 горной цепи, 16 уступов, 2 град и 4 долин.

Решено присваивать кратерам названия в честь крупных деятелей мирового искусства и культуры — писателей, художников, композиторов, архитекторов и т. д. Равнины названы по именам древних богов у различных народов (в том числе названиями Меркурия на различных языках), уступы — в честь исследователей судов разных стран, плававших в XVI—XX вв. Среди них — «Мирный» и «Восток», открывшие в 1820 г. Антарктиду, и немагнитное судно «Заря», исследовавшее магнитное поле Земли в 1953—1970 гг. Грядам присвоены имена астрономов, известных своими искусными зарисовками Меркурия — Э. Антониади (1870—1944) и Дж. Скиапарелли (1835—1910). Долины названы в честь радиообсерваторий (Аресибо, Голдстоун, Хайстек и Симеиз).

В честь наших соотечественников названы 10 кратеров: Лермонтов (15° с. ш., 48° з. д., диаметр кратера 160 км), Пушкин (64° ю. ш.,

23° з. д., 200 км), Райнис (5° с. ш., 96° з. д., 85 км), Репин (19° ю. ш., 63° з. д., 95 км), Рублев (14° ю. ш., 157° з. д., 125 км), Толстой (15° ю. ш., 165° з. д., 400 км), Феофан (Грек) (4° ю. ш., 143° з. д., 50 км), Чайковский (8° с. ш., 50° з. д., 160 км), Чехов (35° ю. ш., 61° з. д., 180 км), Шевченко (53° ю. ш., 47° з. д., 130 км).

Названия, утвержденные МАСом, будут помещены на пяти листах карты Меркурия масштаба 1:5 000 000, составленной Геологической съемкой США по материалам фототелевизионных передач с автоматической станции «Маринер-10». Еще для четырех листов этой карты, работа над которыми к моменту XVI Генеральной ассамблеи МАСа не была завершена, утвержден «банк» названий. Размещение этих названий на картах будет произведено рабочей группой МАСа по номенклатуре Меркурия.

Г. А. Бурба

Москва

Астрохимия

Последние достижения астрохимии

После пятилетних усилий группы астрохимиков, возглавляемой Р. Брауном и Х. Ганном (Мельбурнский университет, Австралия), удалось идентифицировать микроволновое излучение, открытое в 1971 г. в газовом межпланетном облаке вблизи центра Галактики. Оказалось, что это излучение принадлежит молекуле HNC — химическому «близнецу» молекулы синильной кислоты HCN.

Трудность идентификации подобных молекул связана с тем, что их микроволновые спектры до сих пор не выяснены. Обнаружив в спектре новую эмиссионную линию, астрохимики зачастую не находят ее в химическом каталоге и должны определять ее сам лабораторными методами. Од-

нако если в межзвездном пространстве возможно длительное существование многих высокореактивных радикалов, то в земных условиях они быстро вступают в реакцию и образуют новое вещество. Так, молекула HNC может существовать на Земле не более доли секунды, что весьма затрудняет измерения ее микроволнового спектра. Брауну и Ганну удалось разработать методику, позволившую продлить существование этой молекулы на срок, достаточный для получения спектра.

Количество органических молекул, обнаруженных в космическом пространстве, достигло 35. По-видимому, они играли немаловажную роль в процессах зарождения жизни. Сейчас Браун и Ганн пытаются определить микроволновый спектр глицина — простейшей из аминокислот.

"Science News", 1976, v. 110, № 4, p. 54 (США).

Физика

Магнитный холодильник

Г. Браун (Исследовательский центр им. Льюиса НАСА, США) предложил использовать магнито-калорические эффекты в устройствах, работающих в диапазоне комнатных и близких к ним температур.

Была построена модель магнитного рефрижератора. В рабочем объеме водоохлаждаемого электромагнита на 7 Т совершает вертикальные колебания трубка, содержащая 400 см³ смеси из воды (80%) и этилового спирта. В эту трубку помещена цилиндрическая вставка из гадолиниевых пластин, разделенных тонкой проволокой (для свободного протекания жидкости через вставку). Магнит включают, когда трубка находится в крайнем нижнем положении (при этом вставка расположена у верхнего конца трубки), и выключают, когда трубка поднимается до крайнего

верхнего положения (вставка — у нижнего конца трубки). При намагничивании магнитные моменты атомов гадолиния выстраиваются вдоль поля, а когда это поле выключается, восстанавливается хаотическое расположение магнитных моментов за счет отбора тепла от окружающей жидкости. Таким образом, в каждом колебательном цикле тепло перекачивается снизу вверх — в итоге жидкость внизу охлаждается, а сверху нагревается. В установке Брауна на верхнем конце была получена температура 46°С, а на нижнем — 1°С (первоначально вся жидкость имела комнатную температуру).

Если с нижним концом связать тепловую нагрузку, а верхний снабдить, например, радиаторными пластинами или вентилятором, устройство будет работать как рефрижератор теплонасосного типа. Рабочий цикл машины аналогичен циклу Стирлинга газовых холодильных или тепловых машин; жидкость в трубке выполняет функции регенератора. Выбор гадолиния в качестве материала вставки обусловлен тем, что его температура Кюри близка к комнатной — около 20°С, а по мнению Брауна, магнито-калорические эффекты максимальны, когда температура Кюри близка к перекрываемой области температур: ориентирующее действие внешнего магнитного поля значительно усиливается внутренними «молекулярными» полями, спонтанно возникающими ниже температуры Кюри.

По оценке Брауна, рефрижераторы подобного типа способны создавать и поддерживать разность температур до 100° и более. Что касается КПД цикла, то он может быть весьма высок, поскольку пространственно-временное управление магнитными процессами позволяет близко подойти к идеальному термодинамическому циклу Карно. При использовании обратных эффектов может быть создана высокоэффективная тепловая машина.

"Journal of Applied Physics", 1976, v. 47, № 8, p. 3673 (США).

Физика

Управление процессами абсорбции и десорбции водорода

Д. Гуалтиери, К. Нарасимхан и Т. Таксита (Питтсбургский университет, США) нашли простой и эффективный способ замедления процессов поглощения и выделения водорода соединениями переходных металлов. Это важно при использовании водорода в металлургии, для передачи и аккумуляции энергии, в качестве рабочего тела тепловых машин. Кроме того, соединения типа LaNi₅ обладают уникальными магнитными свойствами (из них изготавливают постоянные магниты с рекордными параметрами), которые теряются при насыщении этих соединений водородом.

Как известно, газообразный водород проникает в абсорбент в виде атомов, т. е. поглощение начинается с реакции $H_2 \rightarrow 2H$; при этом поверхность поглотителя играет роль катализатора. При десорбции водорода идет обратная реакция $2H \rightarrow H_2$, где поверхность поглотителя также является катализатором.

Все это навело исследователей на мысль о регулировании скорости абсорбционно-десорбционных процессов путем контролируемого отравления катализирующей поверхности. С этой целью был взят сернистый газ — известный яд для промышленных катализаторов.

В опытах образцы интерметаллидов разрезали на две половинки, одну из которых предварительно выдерживали в сернистом газе. В то время как «неотравленные» половинки быстро поглощали водород, что в итоге приводило к их растрескиванию и рассыпанию в порошок, в половинках, обработанных сернистым газом, поглощение водорода долго не начиналось: образец HoCo₂ продержался 5 ч, PrCo₂ — свыше 19 ч, LaNi₅ — более 20 ч. Правда, по истечении запрещенного периода поглощение водорода начиналось с обычной

скоростью. Авторы полагают, что продолжительность действия отравителя может быть значительно повышена как его более оптимальным выбором, так и путем охлаждения отравленного поглотителя. Интересно, что обработка сернистым газом способна не только защитить материал от водорода, но и «запретить» в интерметаллиде значительное количество поглощенного водорода.

«Journal of Applied Physics», 1976, v. 47, № 8, p. 3432 (США).

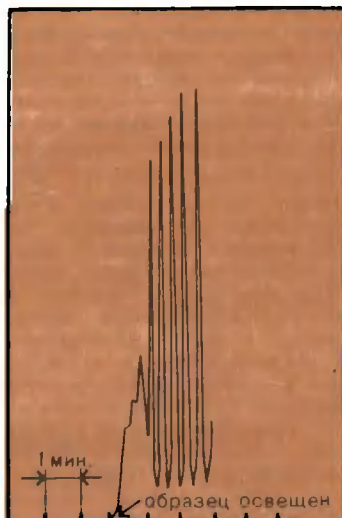
Физика

Осцилляция фототока в танталате калия

Танталат калия (KTaO_3) — бесцветный прозрачный кристалл — является хорошим изолятором и обладает высокой диэлектрической проницаемостью. Кроме того, при низких температурах танталат калия становится также хорошим фотопроводником. Новое интересное свойство этого материала обнаружили японские физики К. Охи и С. Исака (Университет Васеда, Токио).

Эксперименты проводились на небольшом ($6 \times 3 \times 3$ мм³) кристаллике танталата калия, один торец которого был погружен в жидкий гелий, а на другой падал свет. При напряжении на кристалле выше 37 В и достаточно интенсивном освещении фототок, текущий через кристалл, начинал осциллировать на низкой частоте (0,01—0,03 Гц), причем ее величина зависела от приложенного напряжения и от интенсивности освещения.

Осцилляционный эффект имел следующие характерные особенности: с повышением напряжения частота колебаний падала, а сами колебания из синусоидообразных становились все более похожими на последовательность редких импульсов с крутым передним фронтом и плавным спадом; при повышении интенсивности освещения частота колебаний увеличивалась, но когда сила



Осциллограмма фототока, возникающего в кристалле танталата калия при напряжении 40 В.

света становилась выше некоторого предельного значения, осцилляции фототока прекращались; усиление освещения кристалла приводило к понижению порогового напряжения (превышение порогового напряжения и вызывало осцилляции); температура освещенного торца кристалла колебалась синхронно с колебаниями величины тока.

Полученные результаты японские исследователи объяснили, исходя из специфического немонокотонного характера температурных зависимостей числа и подвижности носителей электрического тока в танталате калия. Эти носители возбуждались квантами падающего света, энергия которых была чуть больше ширины запрещенной энергетической зоны в кристалле. Когда к образцу прикладывалось напряжение, свет порождал фототок, прохождение которого разогревало кристалл, при этом его электропроводность резко падала. Когда ток уменьшался, кристалл охлаждался и его электропроводность возвращалась к исходному значению. Далее процесс повторялся, т. е.

возникали осцилляции фототока.

Такое объяснение качественно хорошо согласуется с экспериментом. Что же касается количественной проверки, то положение менее удовлетворительно, так как результаты расчетов сильно зависят от конкретных электрофизических параметров кристалла и условий теплоотвода, точное измерение которых представляет непростую задачу.

«Journal of the Physical Society of Japan», 1976, v. 40, № 5, p. 1371 (Япония).

Физика

Лазер очищает воду

Как известно, простейший способ уничтожения микроорганизмов в воде — хлорирование, однако при этом у воды часто появляются специфические запахи. Например, при содержании в воде небольших количеств фенола в процессе хлорирования образуется хлорфенол, имеющий резкий неприятный запах.

Недавно Дж. Г. Паркер (Лаборатория прикладной физики Университета Джона Гопкинса, США) предложил использовать для уничтожения микроорганизмов в питьевой воде лазерную установку. Перед облучением вода насыщается кислородом; при облучении такой воды лазером световая энергия поглощается молекулами растворенного в воде кислорода, которые переходят в возбужденное состояние. При контакте возбужденных молекул кислорода с бактериальной стенкой энергия высвобождается и локальная температура может достигать нескольких тысяч градусов. Естественно, при такой температуре погибают не только микроорганизмы, но и их споры.

Предложенный Паркером метод стерилизации воды быстр, удобен и не требует использования каких-либо химических соединений, которые потенциально могут повредить организму человека.

Однако в промышленных масштабах этот метод пока экономически невыгоден, поскольку превращение электроэнергии в энергию лазерного излучения стоит довольно дорого. В связи с этим Паркер в качестве источника энергии предлагает использовать солнечную радиацию, что значительно удешевит метод очистки. Он уже применил свой метод для очистки от бактериальных загрязнений вод Потомака.

После облучения лазером вода не обладает ни вкусом, ни запахом и практически не содержит микроорганизмов.

«Bioscience», 1976, v. 25, № 9, p. 596 (США).

Молекулярная биология

Синтез ДНК и фосфолипиды

Особое внимание в процессе репликации ДНК уделяется роли ДНК-мембранного комплекса. Но если раньше в основном изучали взаимодействие ДНК с белковыми компонентами мембраны, то сейчас все большее внимание привлекает изучение связи ДНК с мембраной, осуществляемой посредством липидов. Уже доказана структурная связь между фосфолипидами и ДНК, однако функциональная роль фосфолипидов, структурная основа специфического взаимодействия фосфолипидов с ДНК и, наконец, состав фосфолипидов, взаимодействующих с молекулами ДНК, остаются малоизученными.

А. В. Алексеевко и Е. Б. Бурлакова (Институт химической физики АН СССР) на культуре клеток HeLa и регенерирующей печени крысы установили, что в процессе синтеза ДНК особенно возрастает содержание в ядрах клеток сфингомиелина. Этот фосфолипид образует прочные комплексы с основаниями ДНК и может вызывать дестабилизацию двойной спирали. Увеличение концентрации сфингомиелина проис-

ходит как раз в тот период клеточного цикла, когда молекула ДНК должна «расплетаться» на две цепочки. Поэтому авторы предположили, что в процессе репликации ДНК, когда хромосома имеют контакт с мембраной, сфингомиелин внедряется в хроматин, способствуя процессу расплетания ДНК. Так как для оказания дестабилизирующего эффекта на молекулу ДНК сфингомиелин нужен в меньших концентрациях по сравнению с другими липидами, то, по-видимому, он обладает более выраженным свойством к определенным участкам ДНК. Возможно, этот эффект связан с наличием в молекуле сфингомиелина сфингозинового остатка, который по своей структуре комплементарен пуриновым основаниям ДНК.

«Доклады Академии наук СССР», 1976, т. 229, № 1, с. 199.

Молекулярная биология

Гены под электронным микроскопом

Американские генетики М. Ву и Н. Дэвидсон предложили оригинальный подход для решения проблемы картирования генов в молекуле ДНК. В его основе лежит метод молекулярной гибридизации. Раньше эту задачу пытались решить так: выделяли информационную РНК (мРНК) и смешивали ее с одноцепочечной ДНК. При этом специально создавались такие условия, при которых мРНК могла легко найти комплементарный ей участок ДНК. Далее препарат ДНК помещали в электронный микроскоп и пытались обнаружить утолщения на молекуле ДНК, которые создавались в участках образования гибрида (или дуплекса ДНК—мРНК).

Однако утолщения на молекуле ДНК удавалось обнаружить далеко не всегда, так как разница между толщиной одиночной цепи ДНК и мРНК—ДНК-дуплекса оказывалась недостаточной. Ву и Дэвидсон добавили к такому дуплексу особый белок (про-



Утолщение на молекуле ДНК, связанное с образованием дуплекса мРНК—ДНК (слева). При использовании особого белка (показан цветом), который связывается только с одноцепочечными участками ДНК, область, содержащая дуплекс мРНК—ДНК, оказывается намного тоньше остальной молекулы, что хорошо видно под электронным микроскопом (справа).

дукт гена 32 фага Т4), который обладает свойством связываться только с одноцепочечными участками ДНК. Этот белок связывался с ДНК по всей длине молекулы, за исключением того участка, к которому была присоединена мРНК. Под электронным микроскопом участок, содержащий дуплекс мРНК—ДНК, оказался намного тоньше молекулы ДНК, связанной с белком (различия в толщине составляло 5 нм).

Таким методом были визуально идентифицированы гены рибосомных РНК (16S, 23S и 5S РНК) и даже совсем короткий ген транспортной РНК (в его состав входит всего лишь 80 нуклеотидов). Кроме того, удалось подтвердить довольно неожиданное наблюдение, сделанное ранее: гены для 16S и 23S рибосомной РНК расположены в хромосоме не рядом, а разделены последовательностью в 500 нуклеотидов. В составе этой последовательности находится ген глутаминовой транспортной РНК.

«Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 1975, v. 72, № 11, p. 4506—4510 (США).

Микробиология

Жизнь в газовой среде!

До сих пор полагали, что микроорганизмы могут жить, находясь либо на твердом теле, либо будучи погруженными

ми в жидкость; во взвешенном же состоянии в газовой среде они распространяться не могут.

Р. Л. Диммик, руководитель группы по изучению аэрозолей Лаборатории морской биологии Калифорнийского университета (Окленд, США), сообщил о результатах своих экспериментов, в ходе которых микроорганизмы осуществляли полный цикл жизнедеятельности, находясь во взвешенном состоянии в газовой среде.

Бактерии *Serratia marcescens*, с которыми работали Диммик и его сотрудники, обладают механизмом для усвоения сахаров (чем и поддерживают свое существование), вырабатывают новую молекулу ДНК и проявляют все признаки деления. Первоначальное количество микроорганизмов в ходе эксперимента удвоилось; имеются указания на возникновение третьего поколения.

Важность открытия выходит далеко за пределы одной только микробиологии. Например, теоретическая возможность существования жизни на Юпитере, представляющем собой газообразное тело, до сих пор отвергавшаяся большинством специалистов, отныне не может быть полностью игнорирована.

«Science News», 1976, v. 110, № 3, p. 45 (США).

Биофизика

Опреснение воды с помощью пурпурных бактерий

Группа специалистов, возглавляемая В. Стокениусом (Калифорнийский университет, США) предложила новый метод аккумуляции пурпурных бактерий (*Halobacterium halobium*). Их отличительная особенность состоит в том, что необходимый для процессов жизнедеятельности фотосинтез они осуществляют не с помощью хлоро-

филла, а посредством так называемого пурпурного пигмента.

Под действием света в находящихся на поверхности бактерий молекулах пурпурного пигмента происходит сложная реакция, в результате которой эти молекулы слегка изменяют форму и испускают протон. В итоге вся бактерия приобретает отрицательный заряд, который способствует аккумуляции нужных питательных веществ (ионов) из внешней среды.

Свойство молекул пурпурного пигмента создавать электрический потенциал между двумя сторонами некоторой мембраны (в природе — это поверхностная пленка пурпурной бактерии) и является основой возможного использования этих бактерий для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую.

Кроме того, пурпурные бактерии можно использовать для опреснения морской воды, их естественной жизненной среды. Для этого необходимо создать большие искусственные мембраны с упорядоченно расположенными на них пурпурными бактериями. Такая мембрана при облучении ее солнечным светом окажется заряженной и будет притягивать одни ионы и отталкивать другие. Техническая проблема состоит в создании мембран большой площади, на которых пурпурные бактерии располагались бы таким образом, чтобы все они создавали электрический потенциал одного знака.

«New Scientist», 1976, v. 69, № 991, p. 547; v. 70, № 994, p. 28—29 (Великобритания).

Биохимия

Водоросли добывают уран из морской воды

М. Вальд (Институт ядерных исследований, Юлих, ФРГ) выделил штамм морских одноклеточных водорослей, способных к активному поглощению солей урана из морской воды.

Водоросли выращивали в морской воде с высоким содержанием соли урана — уранилацетата. Выжившие водоросли подвергали рентгеновскому облучению и получали мутанты, способные выдерживать еще большие концентрации урановых солей. Отбор мутантов и новое их облучение повторяли несколько раз. В итоге был получен штамм, способный накапливать такое количество урановых солей, которое примерно в 100 раз превышает концентрацию урановых солей в морской воде.

Среднее содержание урана в морской воде не так уж мало — около 3 г на 1000 т. Поэтому использование водорослей для промышленного получения солей урана представляется чрезвычайно заманчивым. Прежде всего, это безвредно для окружающей среды, а, кроме того, после экстракции солей урана водоросли, по мнению Вальда, могут быть использованы для других целей, например для выделения из них белка или иных ценных продуктов.

Как считают специалисты, существует принципиальная возможность выделить штаммы водорослей, которые окажутся способными накапливать различные ценные соединения, в частности драгоценные металлы — серебро и золото.

«Bioscience», 1976, v. 25, № 9, p. 595 (США).

Биохимия

Химический синтез глюкагона

Гормон поджелудочной железы глюкагон (гипергликемиогликогенотриггерный фактор) контролирует превращение глюкозы в организме человека и животных. Он оказывает, в частности, стимулирующее влияние на активность фосфофорилазы, амилазы, глюкозидазы и некоторых других ферментов. Этот гормон полипептидной природы, построенный из 29 аминокислот-

ных остатков, привлекает большое внимание эндокринологов, биохимиков в связи с тем, что нарушение его функций может, видимо, приводить к заболеванию диабетом.

Китайские исследователи осуществили химический синтез глюкагона. Интересно, что синтез проведен в той же самой лаборатории, что и синтез инсулина в 1965 г., — лаборатории химии Шанхайского института биохимии.

Для синтеза глюкагона был применен шестиступенчатый метод твердофазной конденсации. В качестве твердой фазы использовались полистирольные гранулы. При разработке этого метода исследователи столкнулись с серьезными трудностями: в состав глюкагона входит много метиониновых и триптофановых остатков, обладающих невысокой стабильностью; кроме того, в аминокислотных остатках, входящих в состав этого соединения, имеется много гидроксильных групп, требующих химической защиты в процессе конденсации.

В щелочной среде химически синтезированный глюкагон, так же как и природный гормон, образует ромбические кристаллы. При введении кроликам химически синтезированного глюкагона он оказывает точно такой же биологический эффект, что и природный гормон. Это доказывает полную тождественность химически синтезированного гормона природному.

Разработанный метод позволит получать модифицированные формы этого гормона, имеющие аминокислотные замены в любом участке его молекулы, а это даст возможность выяснить роль отдельных аминокислотных остатков в механизме функционирования самого гормона. Кроме того, представляется вероятным, что модифицированные формы глюкагона будут обладать новыми гормональными свойствами или значительно более высокой биологической активностью по сравнению с природным глюкагоном.

Медицина

Практическое использование липосом

Группа английских специалистов, возглавляемая Б. Риманом, сообщила, что больные диабетом вместо систематических уколов для введения инсулина могут получать этот гормон в виде микстуры. Это оказалось возможным благодаря использованию липосом — особых двухслойных фосфолипидных пузырьков, или везикул, внутри которых находится водная фаза с тем или иным биологически активным соединением, в данном случае — инсулином. Фосфолипидные оболочки липосом настолько устойчивы, что не расщепляются ферментами пищеварительного тракта.

Размер липосом около 1—2 мкм в диаметре, однако существует возможность менять их диаметр, варьировать химический состав и тем самым регулировать скорость поступления в организм биологически активного вещества, заключенного в фосфолипидную оболочку.

Другой пример использования липосом в клинической практике связан с лечением раковых опухолей. Для этого в липосомы вводят агент метотрексат, который локализуется в определенных тканях, например, в печени и селезенке. Особенно эффективна такая терапия, когда раковая опухоль поражает именно эти органы. Уже через час после введения липосом, наполненных метотрексатом, содержание этого препарата в печени превышало в 5 раз, а в селезенке — в 260 раз его концентрацию в крови. При этом в костях и мышцах метотрексат вообще не обнаружен.

Получение липосом в лаборатории крайне просто. По мнению специалистов, не вызывает особых сложностей и промышленный метод производства липосом.

Предполагается использовать липосомы для введения вакцин против различных

заболеваний; для восполнения недостатка того или иного фермента в организме (например, при фенилкетонурии или галактоземии) и т. д.

«New Scientist», 1976, № 1002, р. 453 (Великобритания).

Медицина

Связь пандемий гриппа человека и животных

У. Беверидж (консультант отделения ветеринарной санитарии Всемирной организации здравоохранения) изучил возникновение новых штаммов гриппозного вируса А, иммунитет к которым у населения отсутствует. Такие штаммы появляются приблизительно каждый год, вызывая умеренные вспышки гриппа.

Ранее считалось, что вирусы с новыми иммунологическими свойствами появляются в результате мутаций, возникающих у штаммов, ранее циркулировавших среди населения. Однако в последнее время накапливается все больше данных, указывающих на вирусы животных, как на возможный источник патогенных для человека штаммов. Так, у широко распространенного в 1968 г. вируса гриппа «Гонконг» обнаружены антигенные свойства, резко отличающие его от вирусов, выделенных в предшествующих эпидемиях. Такой значительный скачок вряд ли мог произойти в результате одной или нескольких мутаций.

В то же время связь между группом человека и животных была замечена еще несколько столетий назад, а в последние 20—30 лет установлено, что вирус группы А может поражать свиней, птиц и лошадей. Сейчас имеются данные, что новые штаммы гриппа возникают в результате гибридизации ранее циркулировавших штаммов вирусов гриппа человека и животных. Они сочетают в себе свойства каждого из родительских

штаммов и распространяются через восприимчивых особей. Наиболее продуктивным источником вируса оказались птицы (главным образом домашние утки, индейки и др.).

Таким образом, вполне возможно, что все известные разновидности вирусов гриппа (человека и животных) генетически родственны. В результате рекомбинаций признаков могут возникнуть чрезвычайно вирулентные штаммы. Так, некоторые разновидности вируса гриппа А птиц вызывают практически 100% гибель пораженных ими птиц. Что касается человека, то никто не может исключить возможности появления еще более вирулентного штамма, чем вирус, вызвавший крупнейшую пандемию 1918 г. (так называемую испанку). Кроме того, вирус становится патогенным, не только переходя от животных к человеку. Возможно и заражение животных вирусом человека. Например, «классический» вирус гриппа свиней предположительно произошел от штамма вируса гриппа человека, вызвавшего пандемию испанки.

Исследования межвидовых трансформаций вируса имеют практическое значение в связи с перспективой получения вакцины с широким спектром действия, основанном на изучении штаммов с различными антигенными свойствами.

«Хроника Всемирной организации здравоохранения», 1976, т. 30, № 4, с. 187 (Швейцария).

Медицина

Успехи в создании антималарийной вакцины

В последнее время в ряде стран значительно участились случаи заболевания малярией, так как возбудитель этого заболевания — малярийный плазмодий — стал приобретать устойчивость к приме-

няемым против него химическим препаратам. Поэтому разработка антималарийной вакцины становится актуальной проблемой.

В. Тэджеру и Дж. Дженсену (Рокфеллеровский университет, Нью-Йорк, США) удалось найти условия, при которых возбудитель малярии хорошо растет в лаборатории. Известно, что в процессе развития плазмодий проходит несколько стадий. Наиболее подходящей для выращивания в лабораторных условиях, по данным Теджера и Дженсена, является стадия мерозоитов — мелких одноядерных клеток, размножающихся в организме больного. Выращивание мерозоитов проводилось в обычной питательной среде, в ее состав, в частности, входили эритроциты. При благоприятных условиях количество плазмодиев может более чем в 50 раз превысить количество введенных в питательную среду мерозоитов.

Не менее сложную задачу — отработку условий вакцинации — решал С. Коуэн (Высшая медицинская школа, Лондон, Великобритания). Он доказал, что при введении обезьянам инактивированных мерозоитов совместно с некоторыми химическими соединениями у животных возникает иммунитет к возбудителю малярии.

Следующая стадия в создании антималарийной вакцины — разработка методов выращивания возбудителей в еще более крупных масштабах, подбор условий инактивации, а также более тщательный подбор тех химических соединений, которые добавляются вместе с инактивированным возбудителем для создания оптимального эффекта вакцинации. По мнению исследователей, высокоэффективная антималарийная вакцина будет внедрена в широкую клиническую практику уже в ближайшие пять лет.

«New Scientist», 1976, v. 10, № 1004, p. 563 (Великобритания).

Физиология

Пингвины ставят рекорды

Дж. Л. Куймэн (Скрипсовский институт океанографии, штат Калифорния, США) завершил восьмилетний цикл полевых работ в Антарктиде, в ходе которых он изучал дыхательную систему пингвинов и механизм, позволяющий им долго находиться под водой.

Императорский пингвин (*Aptenodytes forsteri*) был открыт в 1844 г., но до сих пор его физиология и экология остаются слабо изученными. Самцы достигают 120 см в высоту и весят до 45 кг. Эти птицы — редкий пример приспособленности к самым крайним природным условиям, существующим на нашей планете. Значительную часть времени императорские пингвины проводят в море в поисках пищи — рыб и головоногих моллюсков, часто и подолгу погружаясь под воду.

В шельфовом льду толщиной около 2 м исследователи проделали полынью, значительно удаленную от всех естественных трещин, и «запустили» туда подопытную птицу. Зоологи в аквалангах находились подо льдом в 10 м от полыни и наблюдали за пингвинами. Кроме того, за пингвинами следили, пользуясь показаниями миниатюрных датчиков, закрепленных на их теле.

Заставляя пингвинов преодолевать известное расстояние между двумя полынями, установили максимальную скорость, развиваемую ими под водой. Оказалось, она не превышает 8,3 км/ч, что существенно меньше делавшихся до сих пор предположений. Исследователей поразила «мневренность» птицы: наблюдались случаи, когда она на полной скорости мгновенно поворачивалась в направлении, обратном первоначальному.

Максимальная скорость подъема пингвина на поверхность составляла 120 м/мин, что требует весьма совершенной системы регуляции давления внутри организма. Самое

длительное пребывание в погруженном состоянии равнялось 18 мин. Это превышает рекордные показатели любой морской птицы и даже многих млекопитающих, ведущих водный образ жизни. Первоначально максимальная глубина погружения императорского пингвина не превысила 40 м — величину неожиданно малую. Предположив, что в опыте птицы ныряли поодиночке, а не стаями, как это чаще всего бывает в природных условиях, исследователи перенесли свои наблюдения в район мыса Крозье, где находится одно из крупнейших гнездовых этого вида, расположенное у крошки шельфового ледника. Птицы ныряли стаями по 25—50 особей.

25 особей было снабжено датчиками, регистрирующими максимальную глубину погружения. Приборы были изготовлены по принципу, предложенному Кельвином еще в середине прошлого века: капиллярная трубка, внутренняя сторона которой покрыта распыленным красящим веществом, растворимым в воде. Изменение давления оставляет в капилляре кольцевую метку.

С помощью этого метода была установлена максимальная глубина погружения пингвина, она достигала 260 м. (Для сравнения: максимальная глубина, достигнутая человеком в акваланге, не превышает 132 м.)

«The Polar Times», 1976, № 82, р. 12—13 (США).

Зоология

Интересный случай симбиоза

Трехпалый ленивец (*Bradypus tridactylus*) населяет тропические и субтропические леса от Гондураса до северной Аргентины. Он питается в основном листвой одного типа деревьев — церконий и отличается крайней медлительностью движений.

Дж. Монтгомери (Тропическая лаборатория Смитсо-

нианского института, зона Панамского канала, США) и Дж. К. Вааге (Принстонский университет, штат Нью-Джерси, США) провели наблюдения за экологией трехпалого ленивца. Особенно интересным оказался симбиоз ленивца с бабочкой семейства *Piraliidae*. До сих пор полагали, что эта бабочка проводит в шерстном покрове ленивца весь свой жизненный цикл — от яйца до взрослой стадии. Однако в результате исследований выяснилось, что самка, когда яйца в ее организме достигнут определенной стадии развития, покидает тело ленивца и откладывает яйца в его помете, на земле среди переносных и спавших листьев. Здесь из них появляются личинки, а затем взрослые особи, которые взлетают в поисках нового «хозяина», в шерсти которого они проведут остальную жизнь, питаясь жировыми отложениями корней волос ленивца и продуктами жизнедеятельности двух видов синезеленых водорослей, обитающих на теле животного.

Установлено, что бабочка не является в полном смысле слова симбиотом, она лишь использует такие особенности своей «подвижной среды», как обилие пищи в период созревания яиц, укрытие от птиц и других врагов, а также близость к помету, в котором откладываются яйца. Преимущества, получаемые ленивцем от обитания на его теле бабочки и водорослей, пока остаются неясными. Однако экологическая трехчленная система ленивец — водоросль — насекомое представляет интересный случай взаимоприспособления видов.

«Science News», 1976, v. 110, № 4, p. 58 (США).

Палеонтология

Высокое кровяное давление у динозавров

Были ли динозавры теплокровными или холоднокров-

ными животными и какой образ жизни — водный или сухопутный — вели виды, особи которых обладали столь длинной шеей? Попытку решить оба этих вопроса, пока не ясные в палеонтологии, сделал Р. А. Сеймур (Аделаидский университет, Австралия).

Гигантские размеры этих животных, по его мнению, неизбежно требовали весьма высокого кровяного давления, неизвестного ни у одного из ныне живущих существ. В соответствии с физическими законами, кровь при высоком давлении должна иметь температуру выше температуры окружающей среды. Следовательно, эти два условия как бы взаимосвязаны.

Чтобы эффективно снабжать кислородом крошечный мозг длинного ящера, сердце, согласно расчетам, должно иметь массу около 1,6 т. Однако даже при гигантских размерах динозавра столь массивный орган был бы для него обременительным при наземном образе жизни. Лишь в воде подобная система жизнеобеспечения могла быть эффективной, тем более что эта среда создает в организме добавочное давление.

Так, исходя из законов физики и путем логических умозаключений, Сеймур отвечает на оба вопроса.

«Science News», 1976, v. 110, № 5, p. 73 (США).

Геология

Международная геологическая экспедиция на судне «Дмитрий Менделеев»

Еще в начале XX в. геологи, изучавшие Альпы, обратили внимание на то, что отдельные группы магматических и осадочных пород всегда встречаются в одной и той же последовательности. В основании толщ залегают ультраосновные породы (наиболее тяжелые и плотные образования, обогащенные железом, хромом, никелем и марганцем) —



Схема маршрута 17-го рейса научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев». Точками обозначены места сбора образцов осадков и подстилающих их коренных пород.

так называемые гипербазиты, которые перекрываются несколько более богатыми кремнеземом габброидами, амфиболитами, базальтами, а также различными яшмами и темными глинистыми сланцами. В дальнейшем в результате детальных работ было установлено, что глинистые сланцы и отдельные линзы известняков содер-

жат остатки фауны, типичные для больших глубин. Вся эта толща пород, которая иногда достигает мощности до 7—10 км, получила название «офиолитовой ассоциации», или просто офиолитов.

Долгое время природа офиолитов континентов оставалась загадочной. Однако в последние 20 лет в результате бурного развития исследований океанского дна методами драгирования, глубоководного бурения и сейсмички геологи и геофизики получили много новых, подчас неожиданных результатов.

Выяснилось, что земную

кору океанов слагают те же породы, что и офиолитовую ассоциацию. Таким образом, стало ясным, что офиолиты континентов могут быть обломками коры океанов и глубоких морей геологического прошлого. Изучение офиолитов континентов и сравнение их с разрезами различных структур дна океанов стало одной из важнейших проблем геологии. Поэтому когда по предложению советских геологов в Международную программу геологической корреляции (МПКГ) был включен проект «Офиолиты», он сразу привлек широкое внимание геологов многих стран мира.

Одна из основных задач проекта — решение стержневого вопроса теоретической геологии, стремящейся выяснить, первичны ли на нашей планете континенты и океаны, формируются ли они в одних и тех же местах или происходит перемещение материков по поверхности Земли. В плане исследований по проекту «Офиолиты» намечено провести комплексные наблюдения как в пределах складчатых поясов разных материков, так и в океанах — Тихом и Атлантическом. К работе привлекаются специалисты различных направлений: петрологи, структурные геологи, геофизики, геохимики и др.

Международные исследования офиолитов материков проводились в 1975 г. в Иране, а в 1976 г. в Канаде. Организация подобных работ в океане более сложна и требует больших затрат, причем опыта такого рода исследований еще не было. В 1976 г. организацию океанской экспедиции взяла на себя Академия наук СССР, предоставив в распоряжение международной геологической экспедиции научно-исследовательское судно «Дмитрий Менделеев».

Это был 17-й рейс «Дмитрия Менделеева». Он проходил с 29 мая по 12 сентября 1976 г. под руководством директора Геологического института АН СССР А. В. Лейве; в экспедиции приняли участие ученые 11 стран: Ирана, Италии, Колумбии, Папуа-Новой Гвинеи, СССР, США, Франции, Чехословакии, Швейцарии и



Тектонически раздробленное габбро (образец поднят драгой с островного склона Марианского желоба у о-ва Гуам с глубины 8400 м). Присутствие подобных пород может указывать на интенсивные тектонические движения, которые происходят у поверхности Мохоровичича в основании океанической коры.

Японии. Всего в рейсе участвовали 21 иностранный специалист и 35 специалистов из 9 научных организаций Москвы, Новосибирска, Владивостока и Тбилиси.

Районом исследований было выбрано Филиппинское море с обрамляющими его островными дугами и глубоководными желобами. Этот выбор обосновывался тем, что в пределах островных дуг Японской, Рюкю, на востоке Тайваня и Филиппин, а также на о-ве Яп широко распространены так называемые тектонические покровы¹, сложенные породами офиолитовой ассоциации. Возраст офиолитов здесь различен, а перемещение покровов происходило в сторону от впадины Филиппинского моря, что

также весьма интересно. Кроме того, глубоководные желоба, окаймляющие море на юго-востоке (Марианский и др.) благоприятны для драгирования коренных пород, так как имеют крутые склоны и не покрыты рыхлыми осадками.

Во время экспедиции производилось изучение состава осадочного чехла, геоморфологии дна и мощности осадков в пределах Филиппинского моря и глубоководных желобов, но главное внимание было уделено драгированию склонов желобов. Всего во время рейса в желобах, окаймляющих островные дуги со стороны океана, на глубинах свыше 6000 м было проведено 22 успешные драгировки, в результате которых был получен уникальный каменный материал. Для сравнения укажу, что за все предыдущие океанографические экспедиции, проведенные на кораблях разных стран в течение последних 30 лет, в желобах было выполнено 32 удачные драгировки.

На основании полученных результатов, а также данных предыдущих исследований, включая глубоководное бурение, международная рабочая группа проекта «Офиолиты» пришла к выводу, что дно Филиппинского моря имеет гетерогенное строение. В этом ре-

гионе с запада на восток выделяются следующие геологические структурные элементы: Филиппинская впадина, блок Дайто (Бородино), хребет Кюсю-Палау, Западно-Марианская впадина, Марианская дуга и желоба Марианский, Яп и Палау. В их пределах океаническая кора имеет разный геологический возраст.

Наиболее интересные результаты по строению земной коры океанов были получены со склонов Марианского желоба и в пределах молодого шовного трога Яп. Здесь со дна моря, с глубины около 8500 м, были подняты породы (различные типы базальтов), которые ранее нигде не встречались. Кроме того, данные драгирования однозначно свидетельствуют, что породы на дне океана подвергались интенсивным деформациям и, вероятно, здесь происходили крупные горизонтальные перемещения по нижней границе океанической коры.

Кроме морских исследований, участники рейса во время наземных экскурсий ознакомились со строением о-ва Яп и офиолитового пояса Новой Гвинее. Во время рейса на борту «Дмитрия Менделеева» работал научный семинар, на заседаниях которого все участники рейса выступили с научными докладами. Это позволило выработать общую точку зрения на многие научные вопросы и определить основные направления научных исследований международной группы проекта «Офиолиты» МПГК на ближайшие два года.

После окончания работ члены экспедиции приняли участие в работах XXV Международного геологического конгресса в Сиднее, где автор и А. Я. Шараскин выступили от имени всего научного коллектива экспедиции с предварительным сообщением о результатах работ. Во время конгресса более 650 ученых из многих стран смогли ознакомиться с советским научным судном и коллекцией каменного материала, а также сейсмоакустическими профилями, полученными в процессе работ.

Международная научная группа проекта «Офиолиты»

¹ Так называются крупные пластины горных пород, испытавшие горизонтальное перемещение на десятки, а иногда и сотни километров.

МПГК продолжит исследования при обработке собранного каменного материала.

Н. А. Богданов

Доктор геолого-минералогических наук

Москва

Геология

46-й рейс «Гломара Челленджера»

Главной задачей 46-го рейса бурового судна «Гломар Челленджер», проводившегося в рамках Международной фазы океанского бурения (IPOD) в Атлантическом океане¹, было продолжение попыток проникнуть возможно глубже в толщу молодых базальтов — так называемого «второго слоя» океанской земной коры близ оси срединно-океанического хребта, — начатых в предыдущем, 45-м рейсе.

Судно вышло из порта Сан-Хуан (Пуэрто-Рико) 28 января 1976 г. и закончило рейс через 42 дня, 10 марта 1976 г., в порту Лас-Пальмас (Канарские о-ва). Научное руководство экспедицией осуществлялось Л. В. Дмитриевым (СССР) и Дж. Хейрцлером (США).

Была пробурена одна скважина, расположенная в 150 км к востоку от оси Срединно-Атлантического хребта, в точке с координатами 22°59' с. ш., 43°31' з. д., где глубина океана составляла 4465 м. Точка эта находится всего на 170 м северо-восточнее скважины, пробуренной в 45-м рейсе, но по сравнению с ней здесь предполагалось пройти существенно большую глубину. Однако технические неполадки и плохое состояние скважины не дали возможности полностью осуществить поставленную задачу. Удалось пройти лишь 405 м под дном океана, из которых 150 м составляли покрывающие базальтовое основание рыхлые осадки.

Как и ожидалось, вулканические породы под осад-

ками оказались толеитовыми базальтами подводных трещинных излияний, типичными для срединно-океанических хребтов. Были пробурены как мощные монолитные лавовые потоки, так и раздробленные при застывании шаровые лавы, превращенные в брекчии; пространство между обломками базальта в них заполнено биогенными известковыми осадками. В нижней своей части скважина прошла через несколько слоев обломочных (вулканических) отложений, где те же толеитовые базальты раздроблены до размера песка и гравия.

На борту судна проводились измерения остаточной намагниченности поднятых образцов базальтов, а также их химический анализ на восьми главных породообразующих элементах (Si, Al, Mg, Fe, K, Ti, Ca, Mn) и на четырех наиболее показательных малых элементах (Cr, Ni, Sr, Zr). По всей скважине базальты оказались химически довольно однообразными, близкими к обычным океанским толеитам. Удалось, однако, уловить заметные различия в химическом составе между отдельными пачками, указывающие на их образование из разных порций магмы, поднявшейся из глубин мантии. Базальты в целом свежие, почти не затронутые вторичными изменениями. Выявлено лишь несколько горизонтов, сравнительно сильно измененных при подводном выветривании.

Важнейшим техническим достижением рейса следует считать успешные карротажные работы. Приборами, опущенными в скважину на кабель-тросе, измерялись непосредственно в толще базальтов такие параметры, как плотность и пористость пород, скорость распространения в них сейсмических волн, интенсивность естественного гамма-излучения, электропроводность. Данные карротажа находятся в хорошем соответствии с результатами измерений физических свойств поднятых из скважины образцов пород. Это указывает на их достоверность и позволяет широко использовать данные не-

прерывных измерений в скважине для распознавания деталей строения базальтовых толщ.

И. О. Мурдмаа

Кандидат геолого-минералогических наук

Москва

Геология

Глубинные исследования земной коры

Одна из скважин глубиной 5325 м (вблизи Итаки, округ Гретнот, штат Мичиган, США), брошенная поисковиками из-за отсутствия в ней нефти, была использована объединенной группой сотрудников шести американских университетов для изучения строения и свойств земной коры. Глава группы Б. С. Хаммонс (Университет штата Висконсин) сообщил о результатах исследований.

Породы, слагающие земную кору в Мичиганском бассейне, обладают различным возрастом — от древнейших, докембрийских, до пород, относящихся к последнему ледниковому периоду.

Из глубинной скважины удалось поднять колонку грунта длиной около 20 м с целью изучения его механических, физических и геологических свойств. Кроме того, в скважине были проведены гравиметрические измерения, определены величины теплового потока, напряжения, акустических скоростей.

Измерение напряжения гидрофракционным методом показало минимальные величины — начиная с 295 бар в девонских формациях на глубине 1230 м и до 950 бар в позднедокембрийских красных алевритовых сланцах на глубине 5110 м. На максимальной из охваченных исследованиями глубин (5320 м) был достигнут предел безопасности, составляющий 1000 бар.

Напряжения, зарегистрированные на малых глубинах, оказались намного выше, чем предполагавшиеся ранее на основании кривой, правильно описывающей давления на

¹ «Geotimes», 1976, v. 21, № 9, p. 21—23.

больших глубинах. Возможными причинами такого расхождения могут быть либо неоднородность структуры пород, возникшая между девонем и силуrom (5—10 млн лет назад), либо релаксация, разрядка напряжения, происшедшая в залегающих выше соляных пластах Салина или над ними.

«Science News», 1976, v. 109, № 17, p. 267 (США).

Сейсмология

Землетрясение в Эстонии

Землетрясение 25 октября 1976 г. в районе Финского залива удивило многих. Действительно, непривычно слышать об активности недр в такой равнинной и тектонически спокойной области, как Прибалтика. Даже в специальных обобщающих работах по сейсмичности Советского Союза территория Прибалтики и вообще всего северо-запада Европейской части СССР не рассматривается, хотя землетрясения здесь, особенно в Карелии и на Кольском п-ове, хорошо известны специалистам. Объясняется это их относительной редкостью и слабой силой.

На территории Эстонии известны землетрясения 1670 г. около Пярну и 1881 г. около Нарвы. Последнее достигало интенсивности 6 баллов. Землетрясение 25 октября 1976 г. было значительно слабее. По первым сообщениям, его ощущали жители ряда городов северо-западной Эстонии. Местами качались висячие предметы, слышался легкий звон стекла, люди в помещениях ощущали колебания; в одном из поселков в квартирах отлетала штукатурка; снаружи слышался гул, похожий на гул от тяжеловесного железнодорожного состава. По всем этим признакам интенсивность землетрясения оценивается в 4—5 баллов. На центральной сейсмической станции «Москва» сейсмографы записали колебания почвы, соответствующие магнитуде 4,7 (напомним, что



● эпицентры известных землетрясений и годы их возникновения

◆ эпицентр землетрясения 25 октября 1976 г.

— изолинии скорости современных движений земной коры [в мм/год]

..... предполагаемое протяжение разломов, оживленных при таянии ледникового покрова

Схематическая карта землетрясений и современных движений земной коры в восточной Прибалтике.

Ташкентское землетрясение 1966 г. имело магнитуду 5,3).

Эпицентр землетрясения расположен в юго-западной части Финского залива, в нескольких десятках километров от северо-западного побережья Эстонии. Слабые толчки происходили здесь и раньше. Это как раз та часть республики, где с наибольшей скоростью происходит поднятие земной коры. Повторные геодезические измерения и длительные наблюдения за средним уровнем моря показывают, что скорость поднятия этого участка побережья составляет 3 мм в год, а в юго-восточном направлении

уменьшается до нуля. Происходит так потому, что земная кора до сих пор восстанавливает равновесие после огромной нагрузки Скандинавского ледникового покрова, который растаял на северо-западе около 12 тыс. лет назад. На юго-востоке Эстонии он растаял раньше, и равновесие коры там уже восстановилось. Однако дело не только в этом. Очень важна и структура земной коры.

По существующим представлениям Финский залив скрывает под толщей воды границу Балтийского кристаллического щита и Восточно-Европейской платформы с покровом осадочных отложений. Скорее всего, очаг землетрясения связан с одним из разломов, ограничивающих с юга кристаллический щит. Такие разломы, в том числе и у побережья северо-западной Эстонии, выявлены геофизическими исследованиями. Видимо, по одному из таких разломов и произошло резкое смещение, снявшее накопившиеся напряжения и возбуждившее сейсмические волны.

Хотя подобные землетрясения не представляют серьезной опасности, специалистам следует уделить больше внимания изучению сейсмичности северо-запада нашей страны. Это тем более важно, что происшедшее землетрясение может быть одним из серии

событий при оживлении сейсмической активности на южной и юго-восточной окраине Балтийского щита.

А. А. Никонов
Кандидат
географических наук

Москва

География

Аномалии в уровне океана

В. Мазер (факультет геодезии Университета штата Новый Южный Уэльс, Австралия), изучая информацию, собранную спутником Земли «GEOS-3»¹, который снабжен оборудованием, позволяющим измерять высоту подстилающей поверхности с точностью до 0,2 м, сделал выводы о характерных отклонениях топографии Мирового океана от стандартного «уровня моря». Математическая обработка этих данных позволила отбросить эффекты, вызванные обычными приливами и морским волнением.

Выяснилось, что на протяжении более 3200 км восточного побережья Австралии наблюдается перепад высот уровня океана: у северной его части он на 2 м выше, чем у южной. Как полагает Мазер, это может быть связано с господствующим, южным, направлением прибрежных морских течений в этом районе.

Однако первопричины подобной топографии Мирового океана еще не вполне ясны. На середину 1978 г. назначен запуск «морского» спутника «Сисэт», на борту которого устанавливаются приборы, повышающие точность измерений уровня океана до 10 см.

«Science News», 1976, v. 110, № 4, p. 55 (США).

Геофизика

Верхняя мантия — тепловая машина Земли.

Одна из наиболее широко распространенных схем строения Земли заключается в том, что в некотором диапазоне глубин, соответствующих так называемому астеносферному слою, вещество в силу специфического теплового режима частично подплавлено и потому разуплотнено. Таким образом, создается инверсия плотности в системе астеносферы и лежащей над ней более плотной и твердой литосферы, что означает механическую нестабильность. Переход к устойчивому равновесию осуществляется путем подъема разогретого, разуплотненного материала астеносферы и опускания холодного тяжелого материала литосферы. Размеры возникающих при этом возмущений должны быть достаточно велики.

Модельные расчеты, проведенные нами на примере задачи об упругом тяжелом слое, лежащем на легкой несжимаемой жидкости, выявили зависимость критического размера такого слоя от упругоплотностных характеристик системы. Оказалось, что существует такое критическое значение жесткости литосферного слоя (статического модуля сдвига), что тектонические движения литосферы не превышают критического уровня. При этом критический размер тектонических возмущений оказывается не меньше $6H$, где H — толщина литосферы. Если же эффективная жесткость литосферы окажется в 5 раз меньше критической, то соответствующий критический размер тектонических возмущений уменьшится в 10 раз и составит около $0,6H$.

При инверсии плотности $0,1 \text{ г/см}^3$ и толщине литосферы 100 км критическая жесткость становится порядка 250 кг/см^2 . Это очень мало по сравнению с модулем сдвига для сплошного твердого тела. Однако следует учесть, что кора и

литосфера разбиты на блоки. Поэтому в случае тектонических возмущений эффективная жесткость будет определяться не деформацией сплошного массива, а движением блоков друг относительно друга и, следовательно, может быть сравнимой с критической. Далее, если тектоническое возмущение начинается в виде поднятия (чему, кстати, способствует сферичность Земли, если принять во внимание сводовый эффект) с преобладанием растягивающих напряжений, то это приведет к резкому снижению эффективной жесткости, поскольку земные породы имеют довольно малую прочность на разрыв.

Таким образом, тектонические возмущения должны возникать или в областях с пониженной жесткостью, или же в виде обширных, порядка 4000—6000 км поднятий. Первоначальные возмущения приведут к снижению эффективной жесткости, что будет способствовать в дальнейшем дроблению тектонических движений и их большей интенсивности. Например, в центре обширного начального поднятия почти неизбежно разовьется протяженное (по сравнению с толщиной литосферы) опускание. Эти движения могут происходить при жесткости, близкой к критической. Однако развивающиеся при этом процессы деформации в итоге могут резко (в 3—5 раз) снизить эффективную жесткость, что приведет уже к менее обширным, сравнимым с толщиной литосферы интенсивным движениям.

Отметим еще одну существенную черту предлагаемого здесь механизма тектонических движений. Это два взаимоисключающих термомеханических состояния системы литосфера—астеносфера. Первое из них термодинамически равновесное, но неустойчиво. Поэтому система стремится перейти в другое состояние, механически устойчивое. Однако в этом втором состоянии астеносфера оказывается менее мощной (а может быть, практически исчезает) из-за интенсивного отвода тепла в результате сильных тектоно-

¹ Подробнее см.: «Природа», 1976, № 1; 1977, № 1.

вулканических переходных процессов. Следовательно, второе состояние — механически устойчивое, но термодинамически неравновесное. Равновесие достигается при прогревах верхней мантии за счет притока тепла из нижележащих слоев, что переводит систему снова в первое состояние. Попросту говоря, система литосфера — астеносфера верхней мантии работает как своеобразная тепловая машина, превращающая глубинное тепло в тектонические движения. Одновременное осуществление обоих состояний или же смена одного другим соответствуют двум возможным динамическим схемам тектонических процессов, реализация каждой из которых зависит от конкретного комплекса, резко различающегося, например, для океанов и материков.

В. А. Дубровский

Кандидат
физико-математических наук

Москва

Метеорология

Ураганы охлаждают океан

Группа специалистов из Университета Майами (Флорида, США) во главе с метеорологом Дж. Ф. Прайсом обработала данные с экспериментального исследовательского буйа «ЕВ-10», установленного Национальным управлением по изучению океана и атмосферы США в центральном районе Мексиканского залива.

Наиболее существенной представляется нарисованная Прайсом картина взаимодействия океана и атмосферы во время урагана «Элоиз», обрушившегося в сентябре 1975 г. на северо-западную часть штата Флорида. Скорость движения урагана в точке, где был расположен буй, составляла около 30 км/ч. Ураган вызвал в водных массах, над которыми он проносился, внутренние инерционные волны и увеличил толщину слоя вертикального перемешивания с 20 до 60 м. В результате температура морской поверхности понизилась примерно на 1,5°C. Про-

должавшийся в течение еще двух суток подъем глубинных холодных вод поддерживал уровень температуры на 0,5° ниже обычного.

Внутренние инерционные волны достигли своего максимума через 8 сут после прохождения урагана «Элоиз»; их амплитуда на глубине 500 м составляла в это время около 65 м.

«Science News», 1976, v. 109,
№ 17, p. 267 (США).

Охрана природы

Изучение загрязнения атмосферы с шаров-зондов

До сих пор неясны многие процессы, происходящие с участием агентов, загрязняющих атмосферу, химические реакции, в которых они участвуют, протяженность преодолеваемого ими расстояния до места, в котором их влияние снижается до незначительного уровня, и т. д.

Исследованию этих явлений посвящены запуски снабженных совершенным метеорологическим оборудованием шаров-зондов, осуществленные летом 1976 г. в ходе проекта «Да Винчи», предпринятого Управлением по изучению океана и атмосферы, Управлением по охране природной среды, Национальным географическим обществом США и компанией «Сандия». Зонды запускались в районах повышенной плотности промышленных предприятий и двигались в направлении господствующих в данной местности ветров, собирая информацию о химических и физических процессах в воздушном пространстве.

Один из шаров-зондов был запущен в загрязненное промышленными выбросами воздушное пространство над городом Сент-Луис (штат Миссури) и затем переместился в штат Индиана. Установлено, что загрязненный воздушный слой ночью поднимается в более высокие слои атмосферы, а на следующее утро снова опускается вниз.

Ранее полагали, что двуокись серы должна по мере перемещения в воздухе и удаления от ее источника довольно быстро рассеиваться. Проведенные измерения показали, что этот вид загрязнения сохраняется существенно дольше.

«Science News», 1976, v. 110,
№ 2, p. 24 (США).

Археология

Обнаружена еще одна стоянка индейцев

Археологическая экспедиция Университета Санта-Клара (штат Калифорния, США), работая в 2,5 км к северу от Санта-Паулы в штате Калифорния, обнаружила неизвестную ранее стоянку индейцев, накрытую оползнем около 200 лет назад и поэтому отлично сохранившуюся.

Изучив остатки материальной культуры, специалисты пришли к выводу, что это — поселение Мупу, центр племени чумаш, населявшего прибрежную полосу нынешней южной части Калифорнии в период, начавшийся около 1000 г. н. э. и завершившийся в самом конце XVIII в.

Поселение Мупу находится в 24 км от побережья Тихого океана; это наиболее удаленный от моря населенный пункт чумашей. Все остальные известные до сих пор поселения этого племени находятся в узкой прибрежной полосе, вытянутой между современными городами Санта-Моника и Сан-Луис-Обиспо. Чумаше — единственное из индейских племен, о котором доподлинно известно, что оно умело строить каноэ для морских путешествий к сравнительно далеко отстоящим от материка калифорнийским островам.

Поселение Мупу было крупным пунктом: оно занимало не менее 4 га. Поселок существовал около 400 лет, прежде чем катастрофа уничтожила его примерно в 1790 г.

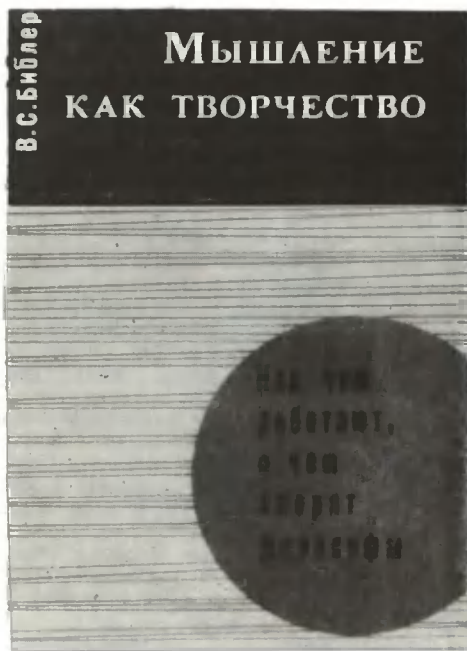
«Smithsonian Institution
Natural Science Event
Bulletin», 1976, v. 1, № 10, p. 5
(США).



Логика и диалог

Л. Б. Туманова

Кандидат философских наук
Москва



В. С. Библер. МЫШЛЕНИЕ КАК ТВОРЧЕСТВО. (Введение в логику мысленного диалога.) М., Политиздат, сер. «Над чем работают, о чем спорят философы», 1975, 400 с.

В последнее время понятие диалога получило широкое распространение в культуроведческой и научной проблематике. При этом оно приобрело новый смысл и стало эвристически значимым. Давно было известно, что в диалоге каждый голос — не эхо другого, а собеседник, иное «я». Но теперь культура в любой сфере творчества — в искусстве, в познании, в самой человеческой деятельности, в сопряжении разных времен и

эпох начинает пониматься как диалог, как драматическая картина одновременных мыслительных голосов, сосуществующих «в разрезе одного момента» (М. М. Бахтин).

Так понятый диалог относится к существенной характеристике XX в., вскрывает сокровенные тайны его культуры.

В книге В. С. Библера диалог как феномен культуры рассматривается в своем особом качестве — быть определением мышления. При этом движение мысли понимается уже не как формальная дедукция и даже не как абсолютная, содержательная дедукция Гегеля, но как постоянно разрастающаяся логическая полифония, где каждый предыдущий аргумент не снимается последующим, а в споре с ним возрождается вновь и вновь, набирает новую силу и переформулируется.

Автор ставит перед собой задачу рассмотреть логику диалога, диалог как логику и творческую логику как диалог.

Расскажу об узловых точках логического анализа диалога, осуществленного В. С. Библером. Заранее оговорю, что я сосредоточиваю свое внимание только на этой стороне дела. В остальном же отсылаю читателя к самой работе.

Исходное утверждение автора состоит в следующем: рассмотреть логику диалога — значит выделить диалогическую характеристику мышления. Диалогическое определение мышления является одновременно и пропедевтикой к исследованию логики диалога и (в дальнейшем развитии мысли) самим раскрытием этой логики. Логика (теория мышления) должна быть рассмотрена как диалогика. Что это значит?

Как показывает В. С. Библер, проблема диалогического определения логики возникает тогда, когда встает вопрос о начале логического движения. До последней революции в науке (начало XX в.)

логически прорабатывался только один отрезок теоретического движения мысли — начиная с точки, где теория только что возникла, до ее предельного обнаружения. Точка, где теория только что возникла, это точка уже возникшей теории, теория в ней уже существует. Та же точка, в которой теория возникает, но еще не существует, до сих пор в логике опускалась. Конечно, речь идет не о временном начале теории, а о ее логическом начале. Таким началом может быть момент самообоснования теории, ибо в нем она выступает в двойном качестве — и как свое основание и как обоснованное. Иначе говоря, основание имеет иные логические характеристики, чем обоснованное. «Для обоснования данного понятия необходимо иное понятие — этим иным должно быть (должно быть понято) само обосновываемое понятие. Таков категорический императив (и парадокс) логики» (с. 18). Чтобы быть последовательно логической (обоснованной), логика должна быть диалогической.

На анализе философии Гегеля автор демонстрирует, как близко подошел Гегель к идее самообоснования логики. По Гегелю, определение, обоснование логики (как и любое обоснование) возможно только тогда, когда в этом определении она воспроизводит себя как свое иное. Однако проблема самообоснования не была доведена Гегелем до остроты парадокса, ибо, развертывая свои особые определения, логика, взятая как всеобщее, только уточняет свои характеристики, сводя постепенно на нет различия. «Инакость» в процедуре этого уточнения постепенно затухает. Собственно говоря, именно затухание различий и составляло, по Гегелю, процедуру самообоснования, доказательства.

Для того чтобы в точке начала логика могла быть понята как диалогика, т. е. в своем диалогическом определении, необходимо действительно столкнуться две логики — два всеобщих. Иначе говоря, логика может быть понята диалогически только в том случае, если диалогичность логики обнаруживает себя как диалог логики.

Проблема эта, как показывает автор, возникла не из отвлеченного движения мысли. В XX в. она встала прежде всего перед естественной наукой.

Так, например, логически осознанный принцип соответствия означает, что классическая и квантовая механики могут сосуществовать только как две радикаль-

но различные логики, каждая из которых есть обоснование другой. Только при наличии квантовой механики классическая механика может развить определение своего предмета до момента его перехода (превращения) в другой предмет, и наоборот. Точка возможного превращения есть точка самообоснования теории (точнее, теорий — классической и неклассической). Более того, в точке превращения (самообоснования) теория, будучи обращенной на себя, раздваивается, вступает в диалог (полилог) с самой собой. Ее возможные превращения в иные логики выявляют ее собственную полилогичность, существование в ней множества голосов.

Принцип дополнительности оказал решающее влияние на обнаружение диалога логики внутри классической теории. В традиционном представлении принцип дополнительности сводится к обнаружению антиномичности классической и неклассической теорий. Но в работе В. С. Библера показывается, что, помимо этого, в принципе дополнительности является тайная антиномичность двух логики в пределах самой классической теории (антиномия математического и физического континуума и т. д.). Интерпретированный таким образом принцип дополнительности позволяет раскрыть в классическом понятии тождество двух различных предметов определения, а не просто различных атрибутов. Пока момент «инакости» затрагивал только атрибутивный ряд определений, но не сам предмет определения, дедуктивное построение не нарушалось и парадокса не возникало. Но когда предмет определения «раздвоился», под ударом оказалось классическое понимание логики. Возникла потребность в ее переосмыслении.

Правда, это переосмысление происходит уже не внутри естествознания, ибо последнее формулирует свои парадоксы как парадоксы только естественной науки. Необходимо было вмешательство логики, чтобы эти парадоксы были рассмотрены как собственно логические. Именно эта процедура произведена автором книги. В результате выявилось: доказательство следует понимать как самообоснование, а тем самым коренное преобразование всей существующей логики; логика, так понимающая свое доказательство, — радикально новая логика с радикально новой логической процедурой. Последняя состоит в нахождении точки возможного превращения одной логики в

другую. В книге детально анализируется одна из таких «точек», «точка Кузанского», как ее называет автор,— точка превращения средневековой логики в логику Нового времени и начало равноправного диалога между этими логиками, двумя всеобщими определениями мысли.

Второй предмет, специально рассмотренный в работе,— современная понятийная революция, революция XX в. Автор показывает, что в точке превращения каждая новая логика относится к предыдущей не как высшая к низшей, т. е. продолжающая первую на новом уровне, а как принципиально с ней несхожая. Наличие нескольких равноправных логик является, таким образом, предпосылкой самой процедуры самообоснования.

И наконец, еще одно важное положение, обоснованное В. С. Библером. Логика диалога и диалогическое понимание логики осуществляется только в понятии. При этом само понятие, взятое как ядро диалогистики, изменило свои определения. «В той мере, в какой мышление относится к предмету понимания (решает проблему воспроизведения в логическом движении внелогического бытия вещей), и в той мере, в какой мышление относится к субъекту понимания (решает проблему воспроизведения в логическом движении внелогического субъекта логики), мышление реализуется в понятийной форме» (с. 388). В. С. Библер убедительно доказал, что в одном определении понятия содержатся два радикально различных понимания, два различных предмета понимания, каждое из которых относится к другому как к своему обоснованию. Само понятие осуществляется как диалог двух или нескольких различных логик с различными предметами определения. Многозначность понятия, проявляющаяся в различных контекстах и придающая ему реальный объем, обнаруживает себя как диалогичность самого понятия, его подлинно логический статус¹.

Свою общелогическую концепцию, развитую в первой части работы, В. С. Библер сам подвергает своеобразной экспериментальной проверке, осуществляя во второй части («Быть теоретиком... по ту

сторону текста») первый опыт реконструкции диалогического мышления — реконструкцию мышления теоретика-классика с характерным для него внутренним диалогом (анализ «Диалога...» и «Бесед...» Галилея).

Такова основная логическая фабула книги. Напоминаю читателю, что я опускаю большинство сюжетных ходов, которые неотделимы от логического движения мысли автора. Я опустила важнейший момент диалогического определения логики, а именно, что в диалогике обращенный на себя предмет теоретизирования переформулируется как субъект теоретизирования. Размеры рецензии не позволили остановиться на исследованной В. С. Библером диалектике совместного и всеобщего труда, создающей условия для формирования нового субъекта культуры и субъекта теоретизирования. И наконец, мною опущена развитая в книге В. С. Библиера (и как нам представляется, впервые в философской литературе) технология анализа философского текста в его внутренней диалогической структуре. Я надеюсь, что читатель сам прочтет книгу и восполнит пробелы рецензии. Надеюсь также, что книгу с равным удовольствием прочтет ученый, философ и поэт. Последний хотя бы потому, что в ней обсуждаются актуальные для него вопросы логического определения творчества, творческой интуиции.

¹ Здесь я отсылаю читателя к другой работе В. С. Библиера, в которой более подробно рассмотрено это внутреннее движение понятия: см.: Арсеньев А. С., Библер В. С., Кедров Б. М. Анализ развивающегося понятия. Ч. 1—2. М., 1967.

Антология литературы о Луне

А. А. Гурштейн

Кандидат физико-математических наук

Москва



ЛУНАРИУМ. Составители Е. Парнов и Л. Самсоненко. М., «Молодая гвардия», 1975, 304 с.

Вряд ли можно представить себе более лаконичное, емкое и, главное, еще более точное название для этого сборника, нежели то краткое латинское имя, под которым он увидел свет.

«Лунариум» — антология произведений о Луне, вместилище интереснейших исторических фактов, книга, на страницах которой органично переплетаются, сосуществуя, оба великих творческих начала: художественное и научное. Симво-

лично, что книгу эту готовили к публикации два составителя: первый из них литератор, снискавший признание своими работами в области научной фантастики, второй — астроном, известный в кругу специалистов, в частности, как соавтор одной из современных монографий по физике Земли и планет (Жарков В. Н., Трубицын В. П., Самсоненко Л. В. Физика Земли и планет. М., 1971). Как бы специально подчеркивая эту символику, Е. Парнов озаглавил написанное им предисловие «Богиня Селена», в то время как другой составитель, Л. Самсоненко, заключил сборник послесловием под заглавием «Планета Луна».

От мифов и легенд через утопии фантастов к современным научным знаниям о Луне — вот лейтмотив сборника «Лунариум». В нем собраны отрывки из научно-фантастических и художественных произведений, охватывающих несколько тысячелетий: от вавилонской песни о Гильгамеше и творений древнегреческого писателя Лукиана Самосатского до сочинений наших современников А. Кларка, А. Азимова и Ст. Лема. Но особенно привлекательно — и в этом основная ценность «Лунариума», — что читатель имеет возможность тут же, на тех же самых страницах познакомиться с мыслями и высказываниями выдающихся ученых и исследователей. Среди авторов, работы которых цитируются в «Лунариуме», встречаются прославленные имена Ши Шеня, Галилея, Кеплера, Ньютона, Гершеля, Циолковского. Эти овеянные ароматом разных исторических эпох материалы дополняются отчетами о работе на Луне советских космических автоматов и впечатлениями американских астронавтов. Добавим, что книга достаточно интересно и со вкусом иллюстрирована.

Начинаешь листать этот необычный сборник и, сам того не замечая, втягиваешься в чтение, которое, без сомне-

ния, не оставит равнодушной громадную читательскую аудиторию, что называется, от мала до велика. Каждый читатель, вне зависимости от возраста и профессии, может встретить в «Лунариуме» именно то, что близко и созвучно его интересам: приметы времени и нравов, фактические исторические данные, научную фантастику, изложение современных представлений о поверхности Луны или малоизвестные произведения Алексея Толстого и Андрея Платонова.

Конечно, следует ясно отдавать себе отчет в том, что, несмотря на значительный объем сборника (он составляет 30 учетно-издательских листов), «Лунариум» отнюдь не может претендовать на исчерпывающую полноту в охвате темы. И совершенно естественно, что могут возникнуть упреки, почему некоторые работы остались за рамками сборника, в то время как другие, возможно менее оригинальные или менее глубокие, оказались в него включенными. Такой упрек в адрес составителей, пожалуй, наиболее серьезен в той части, которая касается освещения современных советских исследований. В сборнике не нашли, например, отражения новаторские работы Н. А. Козырева по лунной активности, а итоги работы луноходов и некоторые другие научные результаты представлены подчас довольно случайными публикациями. Жаль, что в этом сборнике нет никаких материалов, посвященных нескольким сотням новых наименований на картах обратной стороны Луны.

Встречаются в книге и неточности. Однако эти частности, заметные лишь специалистам, не испортят хорошего впечатления, которое оставит «Лунариум» у широких кругов читателей.

В 1928—1932 гг. Н. А. Рынин (1877—1942), один из пионеров отечественной космонавтики, имя которого теперь тоже увековечено на картах обратной стороны Луны, осуществил выпуск единственной в своем роде энциклопедии межпланетных сообщений. Он скрупулезно собрал в этом издании мифы и легенды, посвященные идее полета в космическое пространство, отрывки из фантастических произведений. Наибольшее место среди подобранных Н. А. Рыниным материалов занимали, естественно, произведения, связанные с Луной.

Время в стране было тяжелое. Уникальный труд Н. А. Рынина выходил несколькими выпусками, на дешевой газетной бумаге, мизерными тиражами. Он

давно стал библиографической редкостью. Но он сделал свое важное дело. На книгах Н. А. Рынина училась, росла и мужала героическая плеяда советских инженеров — первопроходцев космических трасс. И нам кажется, что сборник «Лунариум» продолжает эту добрую традицию.

Каким станет человек через тысячи лет?

Профессор Н. А. Агаджанян

Москва



Л. Е. Этинген. ЧЕЛОВЕК БУДУЩЕГО: ОБЛИК, СТРУКТУРА, ФОРМА. М., «Советская Россия», 1976, 174 с.

С развитием науки и техники наша планета меняет свое лицо. Должен ли при этом измениться человек, его структура и форма? Обсуждению этого и целого ряда других не менее интересных вопросов и посвящена научно-популярная книга доктора медицинских наук Л. Е. Этингена. Итак, будет ли человек через 10—20... тысяч лет отличаться от нас, теперешних жителей Земли хотя бы настолько, насколько

ко мы отличаемся от кроманьонцев и неандертальцев?

Поставив этот далеко не простой вопрос, Л. Е. Этинген начинает приводить ряд «за» и «против», попутно, как это ни печально, сообщая многочисленные сведения о нашем несовершенстве.

Увлекательно и научно аргументированно рассматривает автор эти вопросы в главах «Богатое наследство» и «Солидные долги», которые, по существу, представляют собой краткую беседу по частным вопросам функциональной анатомии. Последующие главы также содержат много любопытных анатомических сведений. В одной из них идет разговор о так называемых прогрессивных, регрессивных и вообще «лишних» органах, и читатель убеждается в том, что представления о необходимости или ненужности тех или иных структур весьма относительно и определяются уровнем наших знаний. Например, в конце прошлого века к числу «регрессивных» некоторые специалисты относили органы обоняния, гипофиз, эпифиз, а также те доли мозга, назначение которых было в то время еще неясно.

Читатели встретятся с такими волнующими их вопросами, как «болезни цивилизации», акселерация, физиологическая адаптация человека к условиям космического полета, а также к условиям освоения других планет и земных территорий, расположенных под водой, во льдах, в пустынях, в горах... В конце концов автор приводит читателя к выводу, что в будущем коренного изменения человеческой природы не произойдет. В человеческом обществе, справедливо указывает Л. Е. Этинген, на смену естественному отбору придет своего рода искусственный отбор, который, однако, будет принципиально отличаться от селекции животных или растений. Эта проблема раскрывается в главе «Брак по расчету... генетиков».

Большие возможности для преобразования организма представляет целенаправленное изменение генетического кода — «хирургия генов». Широкие горизонты на этом пути открылись после того, как индийский ученый, лауреат Нобелевской премии Гар Гобинд Корана, работая над синтезированием гена, искусственно получил участок двунитчатой ДНК, состоящей из 77 пар нуклеотидов.

Уже в самое ближайшее время медицинская генетика собирается активно вмешиваться в наследственность человека и добиться избавления от неизбежности «генетического гнета». Однако достижения науки должны использоваться только с самыми гуманными целями. Нельзя применять к человеку зоотехнические приемы разведения животных и полностью игнорировать правовые, морально-этические и эстетические стороны межлюдских отношений, ибо легкомысленное отношение к новым биологическим открытиям может привести к возможности уничтожения и потери человеком духовной индивидуальности.

Впрочем, на страницах книги часто возникает разговор об улучшении человека настоящего: тут и евгеника, и евфеника, и хирургия генов, и киборги...

В книге много спорного. Например, говоря об изменениях в теле, полезных для космонавтики, автор упускает из виду, что даже идеально приспособившийся к космическим условиям организм будет мало пригоден на Земле и на Луне. Трудно ожидать, что человек превратится в эдакого биологического хамелеона, который сможет мгновенно меняться в соответствии с любой переменной природной и искусственной среды.

Хочется поспорить и по ряду других вопросов. Например, автор считает совершенно ненужным для человека гликолитический путь распада глюкозы. Тем не менее, возможно, именно путем увеличения удельного веса гликолиза человек будущего сможет при необходимости, подобно йогам, погружаться на длительный срок в состояние, близкое к анабиозу. Спорно также предсказание автора о неизбежном облысении человека, о появлении у него жабер, необходимых для освоения Мирового океана. Для большей универсальности человеку, вероятно, не следовало бы отказываться от более прогрессивного легочного дыхания. Но недаром ведь говорят, что дороги к истине вымощены камнями споров. И, наверное,

чем глубже будут дискуссии, тем дальше мы продвинемся.

Надо сказать, что суждения автора, как правило, не претендуют на законченность и категоричность. Напротив, закрыв последнюю страницу книги, испытываешь даже некоторую растерянность, вызванную тем, что, пожалуй, облик, структура и форма человека будущего видятся довольно расплывчато. Но тут трудно упрекать автора, это, скорее, достоинство его книги. Наверное, он хорошо помнил справедливые слова Н. Винера, что «самая большая ошибка предсказаний — это чересчур узкое проецирование в будущее сегодняшних возможностей науки».

Популярно и увлекательно излагая весьма волнующие всех нас вопросы, автор призывает читателя к раздумьям, к спорам, к сотворчеству.

Физика

Ф. Л. Шапиро. СОБРАНИЕ ТРУДОВ. Физика нейтронов. М., «Наука», 1976, 414 с., ц. 3 р. 36 к.

Имя Ф. Л. Шапиро (1915—1973) — советского физика, члена-корреспондента АН СССР, лауреата Государственной премии СССР — широко известно специалистам, работающим в области ядерной физики и особенно физики нейтронов. Богатство идей, поглощенность наукой, энергия, широта кругозора, талант экспериментатора в сочетании с эрудицией теоретика придают особую ценность его научному наследию.

В сборник вошли работы ученого, посвященные физике реакторов и нейтронной спектроскопии, выполненные им в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР в 1949—1965 гг. Это труды, опубликованные в журналах и в виде препринтов, а также обзорные доклады на различных международных конференциях. Первые две работы сборника публикуются впервые: кандидатская диссертация и один из отчетов (1950).

В предисловии И. М. Франк отмечает, что «...для многих физиков, особенно занимающихся исследованием с помощью нейтронов, собрание трудов Ф. Л. Шапиро окажется не просто интересной, но и необходимой книгой».

Физика

К. Кузов. МИР БЕЗ ФОРМ. Пер. с болгар. Ю. М. Медведева. Под ред. и с предисл. проф. В. М. Шашина. М., «Мир», сер. «В мире науки и техники», 1976, 245 с., ц. 55 к.

«Главным действующим лицом» своей книги болгарский инженер Кузов П. Кузов

избрал старую классическую науку — гидродинамику и сумел рассказать о ней просто и увлекательно — даже сложные физические явления объяснены без математических формул, но тем не менее с достаточной научной полнотой и точностью.

Жидкость и газы — среда, не имеющая определенной формы, предстает перед читателями как мир удивительных и разнообразных явлений, со своими особыми процессами и закономерностями. Автор знакомит с историей их познания, с применением их на практике — в основном в самолетостроении и кораблестроении.

В предисловии «К советскому читателю» К. Кузов пишет, что адресует свой труд неспециалистам, желая привлечь их внимание к «привычным» явлениям, над которыми зачастую никто не задумывается. Кроме того, эта книга может оказаться весьма полезной школьникам старших классов, учащимся техникумов, всем тем, кто в процессе своей работы сталкивается с различными гидродинамическими процессами.

Астрофизика

Е. П. Левитан. ФИЗИКА ВСЕЛЕННОЙ. М., «Наука», сер. «Современные тенденции развития науки», 1976, 200 с., ц. 68 к.

Книга посвящена астрофизике, области естествознания, в которой за последнее время сделано наибольшее число важных открытий. Стремясь дать читателю материал для их осмысления, автор образно показывает, как действуют физические законы во Вселенной и таким образом объясняет многие, казалось бы, фантастические и «сверхъестественные» явления.

Рассматривая Солнце как гигантский термоядерный

реактор, автор сравнивает реакции, происходящие в недрах звезд, с теми, которые физики предполагают использовать в процессе управляемого термоядерного синтеза. Точно так же законы общей теории относительности, которым объяснены своим существованием экзотические небесные явления (пульсары, черные дыры, гравитационные волны, разбегание галактик и т. д.) поддаются проверке и в земных лабораториях.

Автор дает объяснение сущности законов и явлений практически без применения математики. Много места в книге отводится достижениям советской науки и техники в космических исследованиях.

Астрономия

Е. А. Гребеников, Ю. А. Рябов. ПОИСКИ И ОТКРЫТИЯ ПЛАНЕТ. М., «Наука», 1975, 215 с., ц. 33 к.

Основное содержание книги — рассказ о том, как были обнаружены три самые далекие, не видимые невооруженным глазом планеты нашей Солнечной системы — Уран, Нептун и Плутон. Каждое из этих открытий — яркая страница в истории астрономии.

Методы обнаружения этих планет были различными: если открытие Урана явилось прежде всего результатом успехов наблюдательной астрономии конца XVIII в., то открытие Нептуна, а в еще большей степени Плутона — это достижение небесной механики, основанной на законе всемирного тяготения. Читателям предлагается обширный материал, позволяющий четко представить себе, как математические методы решения задач небесной механики, разработанные в первой половине XIX в. Гауссом, Лаврье и

Адамсом, позволили расширить наши знания о Солнечной системе.

Читатели узнают, как с помощью тех же математических методов в дальнейшем удалось обнаружить спутники Юпитера, Сатурна и других больших планет, пояс астероидов. Обсуждается возможность существования в Солнечной системе и других, пока не известных объектов. Книга дает возможность ясно увидеть, как менялись представления о Солнечной системе, ее составе, размерах и особенностях.

Астрономия

Б. Бова. НОВАЯ АСТРОНОМИЯ. Пер. с англ. В. Е. Чертопрада. Под ред. и с послесл. Б. Н. Пановкина. М., «Мир», сер. «В мире науки и техники», 1976, 230 с., ц. 53 к.

В результате открытий в астрономии, сделанных за последние 30—40 лет, наши представления о Солнечной системе и более далеких мирах существенно изменились. До 1960 г. не существовало таких терминов и понятий, как солнечный ветер и магнитосфера, лунные камни, кратеры Марса, радиационные пояса Юпитера, квазары и пульсары, взрывающиеся галактики, черные дыры и многое другое.

Книга американского популяризатора Б. Бовы посвящена новейшим отраслям астрономии. Автор умело объединил элементы «старой» астрономии, используя их для введения в «новую», и создал увлекательное повествование, доступное самому широкому кругу читателей.

Химия

Р. Лер, А. Марчанд. ОРБИТАЛЬНАЯ СИММЕТРИЯ В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ. Пер. с англ. А. Л. Проходы. М., «Мир», 1976, 180 с., ц. 1 р. 06 к.

Правила сохранения орбитальной симметрии для большого класса органических соединений были сформулированы Вудвортом и Гофма-

ном в 1965 г. Несмотря на то что они довольно просты, многим химикам-органикам трудно овладеть новым способом рассуждений и успешно применять его. Данное учебное пособие сможет оказать помощь в усвоении практических приемов того, как можно предсказать возможность протекания синхронных реакций путем рассмотрения симметрии молекул. Это пособие ознакомит с основными выводами теории Вудворта—Гофмана. Чтобы контролировать степень усвоения материала, читателям по ходу изложения задаются вопросы. В книге содержатся задачи, решение которых базируется на применении изложенных теоретических выводов. В конце даны развернутые ответы на вопросы и задачи, а также ссылки на литературные источники. Пособие адресовано студентам, преподавателям и научным работникам, занимающимся органической химией.

Микробиология

В. Бетина. ПУТЕШЕСТВИЕ В СТРАНУ МИКРОБОВ. Пер. со словац. О. С. Гребенщикова. Под ред. Б. Г. Мурзакова. Предисл. акад. А. А. Имшенецкого. М., «Мир», 1976, 271 с., ц. 1 р. 61 к.

Книга словацкого ученого В. Бетины охватывает довольно широкий круг вопросов общей и медицинской микробиологии. Она дает представление о форме и размерах, строении и физиологии микроорганизмов, об их роли в природе и в практической деятельности человека. Книга состоит из шести частей: «Знакомство с микроорганизмами», «Микробы вокруг нас», «Вирусы и молекулы наследственности», «Наши враги в царстве микробов», «Борьба с микробами» и «Наши мельчайшие помощники».

Значительное внимание уделено истории микробиологии: от ее первых шагов до крупных современных исследований. Автор рассказывает об успехах и ошибках ученых, заплативших собственной

жизнью за некоторые открытия тайн природы. В книге приведены данные из древней истории или истории средних веков, которые затем были использованы в этой отрасли знания.

Популярное изложение материала на высоком научном уровне, широкое использование данных современной науки (химиотерапии, эпидемиологии, молекулярной биологии и других отраслей), многочисленные фотографии, рисунки и схемы — все эти достоинства книги делают ее увлекательной для самых широких кругов читателей.

Генетика

Ж. Бейссон. ГЕНЕТИКА. Пер. с франц. В. И. Назарова. М., Атомиздат, 1976, 128 с., ц. 28 к.

Жанин Бейссон — руководитель одной из лабораторий Национального центра научных исследований Франции. На французском языке ее книга вышла в научно-популярной серии «Что я знаю», в которой принимают участие представители всех разделов точных и гуманитарных наук.

Книга знакомит с современными достижениями молекулярной генетики и ее вкладом в пограничные с генетикой области биологии. Таковы, например, учение о происхождении жизни, систематика и эволюция организмов, химические основы наследственности, механизмы размножения, биологическое значение разнородности, передача наследственных признаков, организация генетического материала, структура и функции генов, гены и координация деятельности клетки, наследственность и среда, универсальность генетического кода, эволюция белков. «Генетика дает нам одновременно теоретически рациональный подход, вносящий ясность в понимание исследуемых явлений, и точный экспериментальный метод», — пишет Ж. Бейссон. — Они, безусловно, сохраняют свое значение до тех пор, пока не будут удовлетворительно объяснены все свойства живых организмов».

Генетика

R. Rieger, A. Michaelis, M. M. Green. CLOSSARY OF GENETICS AND CYTOGENETICS. Jena. VEB Gustav Fischer, 1976, 4. völlig überarb. Aufl., 647 S., DDR 29 M., Ausland 36 M.

[Р. Ригер, А. Михаэлис, М. М. Грин. СЛОВАРЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ ПО ГЕНЕТИКЕ И ЦИТОГЕНЕТИКЕ. Йена. Изд. Густав Фишер, ГДР, на англ. яз. 4-е дополн. и переработ. изд., 1976, 647 с., ц. 29 марок, в др. странах 36 марок].

Это четвертое издание широко известного словаря, печатавшегося ранее в ФРГ (издательство Шпрингер) на немецком (1954 и 1958) и на английском (1968) языках, вышедшего ныне в ГДР на английском языке. При подготовке четвертого издания авторы (первые двое — генетики ГДР, третий — США) включили в него новые термины и пересмотрели многое из того, что вошло в предыдущие издания (одно из которых было переведено в СССР на русский язык). В итоге 50% текста словаря написано заново. Включено 100 рисунков и таблицы. Авторы попытались сделать издание полезным для студентов и всех, кто работает в этой отрасли знаний.

Зоология

Р. Перри. МИР МОРЖА. Пер. с англ. Н. Л. Рахмановой. Научн. ред. канд. биол. наук А. С. Соколов. Л., Гидрометеоиздат, 1976, 112 с., ц. 61 к.

Книга писателя-натуралиста Ричарда Перри — одна из первых научно-популярных работ о ластоногих. Несмотря на то что человек уже давно охотится на моржа, наши знания о нем неполны и отрывочны: очень сложно вести наблюдения за животными, которые живут и размножаются среди открытых ледяных просторов.

Читатель узнает различные стороны жизни моржей (особенности их строения и физиологии, семейные группы и стада, миграции, способы добычи пищи, их врагов и т. д.). В книге рассказы о научных ис-

следованиях зоологов разных стран, особенно английских и американских, чередуются с воспоминаниями о встречах с этими животными путешественников, капитанов и промышленников, работавших в высоких широтах. «Все эти разнообразные сведения...» — пишет в послесловии к ней А. С. Соколов, — «собранные умеренной порцией сообщений случайных наблюдателей, в рассказах которых иногда с трудом можно отделить реальные факты от домьслов, создают в целом увлекательное повествование о жизни одного из представителей ластоногих».

Ботаника

Петров В. В. ЧУДЕСА НАШИХ СУБТРОПИКОВ. М., «Наука», сер. «Человек и окружающая среда», 1976, 152 с., ц. 56 к.

Автор, ботаник, приглашает читателя посетить Батумский ботанический сад, где богато представлена субтропическая флора земного шара. Рисуя «портреты» отдельных растений, автор затрагивает и общие вопросы ботаники (морфологию, систематику), касающиеся строения и жизни растений, их происхождения, классификации и географического распространения. Читатель видит Батумский ботанический сад во все времена года, благодаря чему можно познакомиться с некоторыми природными парадоксами — зимним цветением растений и весенним листопадом, первыми плодами в апреле и летней зеленью в сентябре. В книге говорится и о практическом использовании субтропических растений, о возможностях дальнейшего пополнения их ассортимента.

География

Браун Л. АФРИКА. Пер. с англ. М. А. Богуславской и Л. Л. Жданова. Ред. и послесл. А. Г. Банникова. М., «Прогресс», сер. «Континенты, на которых мы живем», 1976, 288 с., ц. 4 р. 62 к.

Лесли Браун — известный английский биолог — более

двадцати пяти лет прожил в Кении. Он побывал и в других частях континента, от Средиземного моря до Капской провинции. Личные наблюдения Л. Брауна, собранный им материал и сведения, полученные от лиц, хорошо знающих Африку, послужили основой для создания этой книги, которая позволяет представить себе все разнообразие африканской природы. Вместе с автором читатель совершит путешествие в средиземноморскую Африку и на Эфиопское нагорье, на полуостров Сомали и в бассейн Нила, побывает в экваториальном лесу и высокотравной саванне, в южных пустынях и полупустынях Карру, Намиб, Калахари и других районах Африки. Рассказывая о каждом из них, Л. Браун отмечает его своеобразие, описывает флору и фауну, уделяя особое внимание крупным млекопитающим.

Автор пытался «дать краткий обзор происхождения отдельных местообитаний, исходя из климатических условий и геологических данных». Книга великолепно иллюстрирована. Она является первым томом серии «Континенты, на которых мы живем», рассчитанной на широкие круги читателей, интересующихся природой и животным миром.

История науки

В. А. Парнес. МИХАИЛ СТЕПАНОВИЧ ВОРОНИН.

1838—1903. М., «Наука», Научн.-биограф. сер., 1976, 183 с., ц. 59 к.

Биография М. С. Воронина, выдающегося русского ботаника и фитопатолога, написана с использованием большого материала как государственных, так и семейных архивов. Дана живая и обстоятельная картина жизни академика Воронина, которого и ботаники зарубежных стран считают одним из классиков науки о болезнях растений.

В книге раскрыт путь изысканий Воронина в области низших грибов и изучения их роли в болезнях растений, особенно сельскохозяйственных. Показано значение широ-

ты научного кругозора в решении задач практики. В эту картину вплетена жизнь человека, не замкнувшегося в стенах лаборатории. При этом использована переписка Воронина как с товарищами по науке, так и членами своей семьи. Книга показывает, как личные несчастья не сломили Воронина в его глубочайшей преданности науке.

Творчество Воронина по времени совпало с деятельностью И. И. Мечникова, Д. И. Иванковского, С. Н. Виноградского, С. Г. Навашина, выдвинутых историей в первые ряды ученых мира. Многие из только что упомянутых ученых были либо учениками Воронина, либо его близкими друзьями.

Знакомство с биографиями выдающихся ученых дает очень много, особенно молодежи, ищущей пути в науку. Чтение книги В. А. Парнес не только увлекательно, но и глубоко поучительно.

Профессор В. В. Алпатов
Москва

История науки

В. А. Никифоровский, Л. С. Фрейман. РОЖДЕНИЕ НОВОЙ МАТЕМАТИКИ. М., «Наука», сер. «Из истории мировой культуры», 1976, 199 с., ц. 64 к.

Книга эта — прекрасная иллюстрация того, как накопленные многими поколениями ученых знания приводят в определенный исторический момент к качественному скачку. Именно такой скачок произошел в развитии математики XVII в., скачок, приведший к возникновению новой математики, которая стала рабочим инструментом научного естествознания.

Свой рассказ авторы представляют главой «Предшественники» — о зарождении в древнем мире основных математических идей, связанных с алгеброй, геометрией, анализом. Затем показывают, как эти идеи получили дальнейшее оформление в трудах Декарта, Ферма, Торричелли и Роберваля, заложивших основы дифференциального и интегрального исчисления, окончательно оформленных позднее Ньютоном и Лейбницем.

Выдающийся естествоиспытатель прошлого столетия Чарлз Лайель занимает почетное место в науке не только как создатель униформистского учения в геологии: его идеи внесли значительный вклад в теоретические исследования естествознания в целом. До появления фундаментального труда Ч. Лайеля «Принципы геологии» в естествознании безраздельно господствовала гипотеза катастроф, объяснявшая все изменения в истории Земли действием надприродных сил. Учению Ч. Лайеля, объяснявшего изменения в истории Земли как результат действия обычных факторов, повсеместно наблюдаемых и в настоящее время, пришлось выдержать упорную борьбу, прежде чем оно получило широкое признание. Последовательный и целеустремленный, Ч. Лайель подкреплял все новыми фактами и обобщениями свои воззрения, и не только в науке, но и в своих морально-этических и философских взглядах. Труды Ч. Лайеля подготовили победу эволюционной теории.

История науки

Равикович А. И. ЧАРЛЗ ЛАЙЕЛЬ (1797—1875). М., «Наука», 1976, 199 с., ц. 62 к.

Книга рисует тот нелегкий путь в науке, которым шел Ч. Лайель: «...с первых шагов своей деятельности и до последних дней жизни великий натуралист видел перед собой одну цель: служение любимой науке — геологии».

Книга рисует тот нелегкий путь в науке, которым шел Ч. Лайель: «...с первых шагов своей деятельности и до последних дней жизни великий натуралист видел перед собой одну цель: служение любимой науке — геологии».

Философия естествознания

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ XX В. М., «Наука», 1976, 480 с., ц. 2 р. 21 к.

В книге с позиций материалистической диалектики рассматривается ряд теоретико-познавательных и методологических проблем, которые встали ныне перед наукой о

Вселенной. Среди авторов книги — В. А. Амбарцумян, В. Л. Гинзбург, Я. Б. Зельдович и другие известные ученые.

Значительное внимание уделено в книге анализу закономерностей и перспектив развития астрономии. Ее современное развитие рассматривается, как непосредственное продолжение революции, которая произошла в физике в первой трети XX в. Авторы высказывают разные точки зрения на проблемы универсальности известных в настоящее время фундаментальных физических теорий или связи явлений микромира и мегамира.

Большое место занимает в книге анализ методологических проблем астрономии и особенно проблема генезиса теории в астрофизике и космологии. В нескольких статьях обосновывается возможность достижения достоверного и адекватного знания об объектах Вселенной. Представляет особый интерес анализ гносеологических основ обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями.

Обстоятельному гносеологическому разбору подвергнуты понятия пространства, времени, бесконечности, эволюции.

Книга может быть рекомендована всем, интересующимся философскими вопросами современного естествознания.

Химики Кирхгоф, Деберейнер и ... Гете, или вопрос о том, как начиналась сахарная промышленность в Европе

З. Е. Гельман

Недостаточно только
знать, надо и приме-
нить.

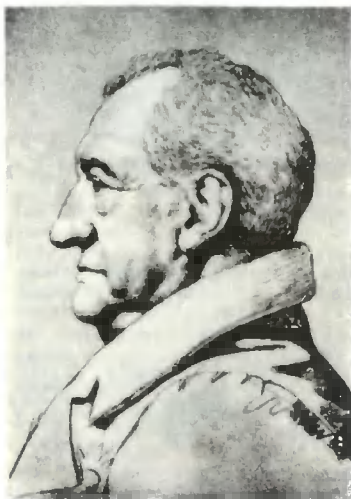
Гете

Гете-естествоиспытатель. Такое словосочетание ныне уже не режет слух. Однако так было не всегда. Занятия Гете зоологией, ботаникой, физикой, химией широко известны. Но по достоинству оценены учеными они были лишь сравнительно недавно. Современники высоко цитили мнение Гете, когда речь шла о поэзии или искусстве, но с недоверчивостью относились к его научным изысканиям. «Самый тупоголовый из тупоголовых, потому только, что имел диплом в кармане, считал себя вправе насмехаться над «стряпней» поэта по сравнительной анатомии», — с горечью писал о неуважительном отношении к естественнонаучной деятельности Гете его биограф Д. Льюис еще в середине XIX в.¹

Это было при жизни.

После смерти, как это обычно и бывает, все круто изменилось. Была поставлена иная оценка его научному наследию. Были признаны многие его работы и открытия, например, открытие в 1784 г. межчелюстной кости человека.

В библиографии Г. Шмида² приводятся названия более пяти тысяч книг и статей, посвященных анализу естественнонаучных трудов Гете. Между тем даже библиографию Шмида нельзя считать полной. В нее, например, не были включены работы русских



Иоганн Вольфганг Деберейнер (1780—1849).

авторов. С такой поправкой, да еще если прибавить исследования послевоенного времени на всех языках, цифра, приведенная Шмидом, возрастет в несколько раз.

Однако хорошо известно, что невозможно объять необъятное. Поэтому некоторые научные изыскания Гете ускользали от внимания исследователей его творчества. К их числу относятся проблемы... сахарного производства.

Невнимание историографов Гете к этому вопросу, которым он живо интересовался многие годы, легко объяснить: в его естественнонаучных тру-

дах об этом мало сведений. Гораздо больше материала можно почерпнуть из дневников Гете и его переписки. Была лишь одна-единственная попытка осветить эту сторону интересов Гете.

В 1919 г. в журнале «Немецкая сахарная промышленность» появилась статья известного историка Э. Липпмана «Гете и производство сахара»³. Однако в этой статье не были вскрыты причины, побудившие Гете заняться проблемой свеклосахарного производства. Между тем такое объяснение необходимо — ведь интерес Гете к этой проблеме становился все более постоянным и интригующим.

Внимание Гете к этой необычной и, казалось бы, частной проблеме привлек известный немецкий химик И. Геттлинг (1755—1809), который одним из первых в Германии принял учение А. Лавуазье. Талантливый и трудолюбивый аптекарь, много занимавшийся самообразованием, Геттлинг вряд ли смог бы занять должность профессора химии и технологии Йенского университета, если бы не протекция Гете, тогдашнего его ректора и тайного советника Карла Августа, великого герцога Саксен-Веймарского, под чьей властью находился университет.

Геттлинг, в свою очередь, оказался неплохим помощником для Гете — он про-

¹ Льюис Д. Г. Жизнь И. Вольфганга Гете. Ч. II. СПб., 1867, с. 90.

² Schmidt G. Goethe und die Naturwissenschaften. Eine Bibliographie. Halle, 1940.

³ Lippmann E. Goethe und Zuckerindustrie, 1919, B. 44, S. 5—7; Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. B., 1923, S. 265—281.

водил для него различные химические исследования и «всегда помогал ему делом и советом во всех химических вопросах»⁴.

Геттлинг получал сахар с помощью мацерации (размачивания и вымывания) его водой из засушенной свеклы. Эти-то опыты и заинтересовали Гете. 7 мая 1799 г. он помечает в своем дневнике: «В 10 ч. профессор Геттлинг. Получение сахара из свеклы»⁵.

Выход чистого сахара в опытах Геттлинга был небольшим — всего 5—6%. Казалось, что эти исследования бесперспективны и не будут иметь продолжения. Скорее всего, так бы оно и было, если бы не обстоятельства, на первый взгляд, не имевшие к сахару никакого отношения.

В 1806 г. Наполеон и его союзники объявили континентальную блокаду, направленную главным образом против Англии. Блокада резко снизила ввоз сахарного тростника в Европу с островов Санто-Доминго и Гаити.

Германия, где цены на сахар в конце 90-х годов XVIII в. сильно поднялись, более других была заинтересована в промышленном получении сахара из свеклы. В 1802 г. Ф. Ахард, ученик первооткрывателя свекловичного сахара А. Маргграфа, построил в Силезии первый в Германии свеклосахарный завод.

Геттлинг не успел довести до конца своих изысканий. 1 сентября 1809 г. он скончался. Но он успел опубликовать работу «Приготовление сиропа и сахара из обыкновенной свеклы»⁶.

По рекомендации известного химика А. Гелена (1775—1815) на освободившуюся



Иоганн Вольфганг Гете в 1817 г.

должность Карл Август назначает (несомненно, с согласия Гете) в то время довольно мало известного химика И. В. Деберейнера (1780—1849) — Йенский университет для него стал своего рода «воротами» в большую науку. Тогда же между начинающим ученым и уже великим Гете завязалась искренняя дружба. И ей никак не мешала та полуофициальная должность «химического советника Гете», которую, так же как и его предшественник, Геттлинг, занимал Деберейнер⁷. (Волею судьбы двух последних, как и Гете, звали Иоганнами, а Деберейнер и Гете были полными тезками: оба Иоганны Вольфганги.) В свои дни рождения Деберейнер часто получал стихи, которые посвящал ему Гете и которые его дети декламировали за праздничным столом.

Биографы Деберейнера подчеркивают постоянное его

стремление к техническому осуществлению своих экспериментов. Так, П. Вальден в статье «Гете и химия» писал, что «Деберейнер (большей частью совместно с Гете) для улучшения государственной казны великого герцога Карла Августа Саксен-Веймарского обобщал и планировал следующие фабрикационные и технические методы: винокурение и производство спирта из свекловичицы и из крахмала, фабрикация патоки, добывание искусственной кислоты, экстракция веществ под давлением, приготовление искусственных минеральных вод, приготовление водяного газа для целей освещения, взрывные двигатели с гремучим газом и платиновым запалом»⁸.

По инициативе Деберейнера планировали строительство свеклольной винокурни в селе Тифурт, недалеко от Веймара, и фабрики по получению сахара из свеклы. Идея извлечения сахара из свеклы настолько захватила герцога, что он сам стал просматривать различные специальные издания.

В одном из писем своим друзьям Гете писал: «Герцог послал его (Деберейнера) в Саксонию осматривать свеклосахарную фабрику»⁹. Да и сам Гете в это время занимался опытами по выращиванию свеклы из семян.

В марте 1812 г. Гете записывает в дневнике некоторые результаты этих опытов: «...развитие ростка сахарной свеклы разрушает сахарное вещество»¹⁰. Гете наблюдал

⁴ Chemnitz Fr. Die Chemie in Iena von Rolfinck bis Knorr (1629—1921). Iena, 1929, S. 25.

⁵ Goethe I. Goethes Werke. Weimar, 1888, Abt. 3, B. 2, 1790—1800, S. 246.

⁶ Götting I. Die Sirup- und Zuckerbereitung aus Runkelrüben. Iena, 1808.

⁷ См.: Prandl W. Johann Wolfgang. Döbereiner, Goethes chemical adviser.— «J. Chem. Educ.» 1950, v. 27, p. 176—181.

⁸ Walden P. Goethe und Chemie.— «Zeit. angew. Chemie», 1930, B. 43, S. 865; см. также Geitel M. Entlegene Spuren Goethes. München und Berlin, 1911, S. 115. Цит. по: Митташ А., Тейс Э. От Дэви и Деберейнера до Дикона. Харьков, 1934, с. 65.

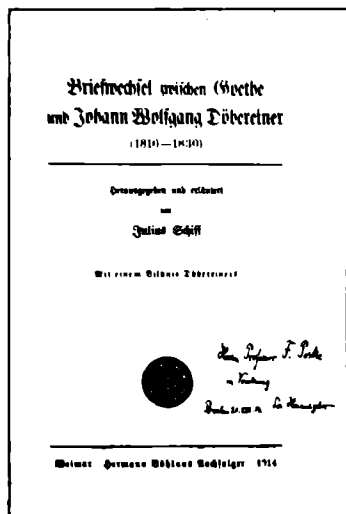
⁹ Goethe I. Goethes Werke. Abt. 4, B. 22, Jan. 1811—April 1812. Weimar, 1901, S. 316. Brief vom 7 April 1812.

¹⁰ Ibid., 1891, Abt. 3, B. 4. 1809—1812, S. 412.

за изменением окраски корней и листьев свеклы, за образованием растительных веществ, определял свойства «перезимовавшей» свеклы. Его интересовало также получение сахара из сахарного клена¹¹.

Это — в Германии.

Но во время все той же континентальной блокады в 1811—1812 гг. было сделано открытие и в России, которое не могло не привлечь внимания Гете. Русский химик К. С. Кирхгоф (1764—1833) открыл способ получения сахара с помощью воздействия разбавленной серной кислоты на крах-



Титульный лист «Переписки между Гете и Иоганном Вольфгангом Деберейнером (1810—1830)». Веймар, 1914.

В правом нижнем углу дарственная надпись издателя и редактора этой книги Ю. Шиффа немецкому физика Ф. Поске.

мал¹². Сначала «сахар Кирхгофа» считали сахаром-сырцом, и лишь позже была определена его идентичность виноградному сахару.

О некоторых свойствах открытого Кирхгофом сахара Гете узнал от Т. Зеебека (1770—1831), немецкого физика, который впоследствии стал известен как первооткрыватель термоэлектричества.

Зеебек бывал в Петербурге и лично знал Кирхгофа. 25 апреля 1812 г. он сообщает Гете, что «сахар, полученный Кирхгофом из крахмала, представляет собой муку и похож на гаванский сахар»; что он не очень вкусный, но зато без неприятного запаха, который в то время обычно исходил от свекловичного сахара, а нюрнбергский опыт по получению сахара, хотя и был успешен, однако «не решил ряда проблем, в особенности вопроса о сосудах для проведения реакции, так как металлические сосуды подвержены действию кислот»¹³.

В ответном письме Зеебеку, 29 апреля, Гете пишет: «Деберейнер настойчиво занимается получением сахара из крахмала, и ему это удастся. Он достаточно умело проводит операцию в медных сосудах и утверждает, что при этом протекает гальванический процесс, способствующий образованию сахара»¹⁴. Однако далее Гете, отмечая высокую стоимость и недостаточно высокое качество получаемого продукта, выражает сомнение в широких возможностях получения сахара в домашних условиях.

Гете, но не Деберейнер.

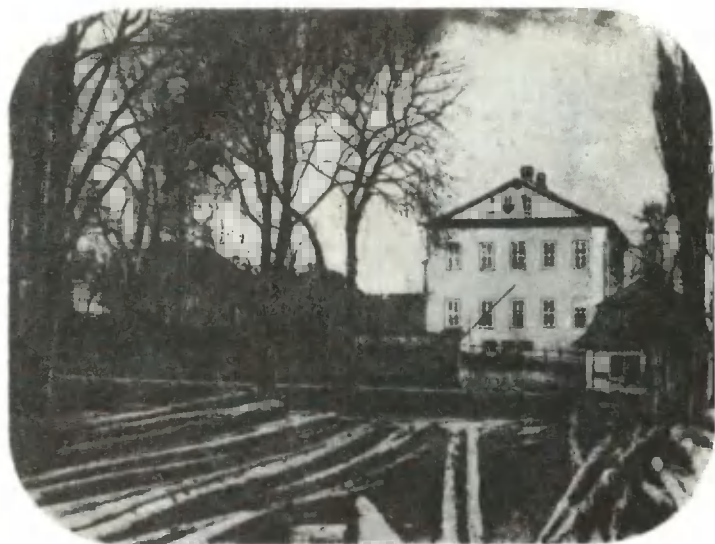
Его цепкий взгляд и солидные познания позволили ему охватить всю глубину открытия Кирхгофа. Едва ознакомившись с ним, он пытается улучшить технологию сахарного производства и сделать ее «патентоспособной». Казалось, перед Деберейнером уже вырисовывались контуры новой паточно-глюкозной промышленности, созданной на основе открытия Кирхгофа. О своих опытах и планах он сообщает Гете и Карлу Августу. Герцог, видимо рассчитав, что планы Деберейнера сулят значительные финансовые выгоды, поддерживает их и в конце февраля

¹¹ В «Фаусте» есть такая строка: «den Ahorn mild, von süßem Saftre trüchtig» (Ibid., 1888, Abt. 1, B. 15, Faust. Theil 2, S. 221, Vers. 9544), которая дословно переводится так: «кроткий клен, полный сладкого сока». Конечно, вряд ли можно настаивать на безусловном естественнонаучном подтексте этой строки и слышать в ней только отголоски интереса Гете к проблеме сахара. Возможно, это только поэтическая метафора. Большинство переводчиков «Фауста» на русский язык такого подтекста не видели. В переводе Н. Голованова этот стих звучит так: «Там нежный клен наполнен влагой сочной» (Гете И. Фауст. Ч. 2, М., 1898, с. 227). Б. Пастернак просто опустил все определения: «И клены следом друг за дружкой...» (Гете И. Собр. соч. М., 1976; Т. 2, Фауст, ч. 2, с. 352). И лишь перевод Н. Холодковского удивительно точен (в смысле передачи «научного подтекста»): «А кроткий клен пропитан сладким соком» (Гете И. Собр. соч. М., 1947. Т. 5, Фауст, ч. 1—2, с. 456). Это неудивительно, если вспомнить, что Холодковский был не только поэтом-переводником, но и крупным ученым-зоологом, «чутье» которого, возможно, заставило его быть более скрупулезным в сохранении «естественнонаучного звучания» поэтической строки.

¹² Kirchhoff G. Über Zucker und Sirop aus Kartoffelmente, Getreide, und andere. — «Bulletin des neuster und Wissenschaft aus der Natur geschichte, vom Hermbstadt», 1811, B. 10, S. 88; Кирхгоф К. С. О приготовлении сахара из крахмала. — «Технологический журнал», 1812, т. 9, ч. 1. Подробно о жизни К. С. Кирхгофа см.: Осинкин А. А. Жизнь и деятельность академика К. Кирхгофа. — «Труды Института истории естествознания и техники АН СССР», 1960, т. 30. К сожалению, портрета К. С. Кирхгофа не сохранилось.

¹³ Bratanev F. Goethes naturwissenschaftlichen Korrespondenz. 1812—1832. Leipzig, 1874, B. 2, S. 319.

¹⁴ Goethe I. Goethes Werke. 1901, Abt. 4, B. 22, Jan. 1811—April 1812, S. 380.



Здание в Йене, где была химическая лаборатория И. В. Деберейнера.

ля 1812 г. извещает химика, что он и его семья согласны стать акционерами фабрики по производству сахара и выделить на это предприятие 400 талеров¹⁵.

Как государственный министр и как друг Деберейнера Гете знал и участвовал в этих проектах. Об этом свидетельствуют записи в его дневниках от 12 апреля 1812 г.:

«Среда, профессор Деберейнер, превращение крахмала в сахар», и от 17 апреля того же года: «О производстве сахара из картофельной муки»¹⁶.

Гете не только сам постоянно интересовался открытием Кирхгофа, но и пропагандировал его. «Евангелие о крахмальном сахаре я энергично проповедовал в Карлсбаде», — писал он 13 мая 1812 г. Карлу Августу¹⁷. В Карлсбаде Гете находился в это время на лечении.

В конце концов энергич-

ные усилия Гете и Деберейнера принесли свои плоды. В 1812 г. Деберейнер пустил в Тифурте небольшую паточно-глюкозную фабрику, работавшую по методу Кирхгофа.

Но вскоре — опять же по вине обстоятельства — эти усилия сошли на нет: падение Наполеона и отмена континентальной блокады вернули европейским странам возможность снова ввозить тростниковый сахар, более дешевый по сравнению с «сахаром Кирхгофа». Не успев развиться, еще несовершенные паточно-глюкозные фабрики в большинстве случаев закрывались. Такая же участь постигла и фабрику Деберейнера, которая закрылась в том же 1812 г.

Однако на сей раз тростниковый сахар не долго господствовал на европейском рынке. Посевные площади свеклы расширились, и производство из нее сахара ускорилось по Европе, пересекая границы государств. Внимание же Гете к этой проблеме сыграло свою роль в становлении свеклосахарной промышленности в европейских странах.

¹⁵ Briefe Carl Augustus und Goethes an Döbereiner. Weimar, 1856, S. 56.

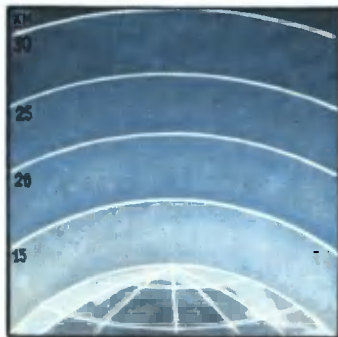
¹⁶ Goethe J. Goethes Werke. 1891, Abt. 3, B. 4, 1809—1812, S. 268, 269.

¹⁷ Ibid., 1900, Abt. 4, B. 23, Mai 1812 — August 1813, S. 13.

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор
Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции 117049
Москва, В-49, Марононский
пер., 26.
Тел. 237-50-30, 237-22-97.
Подписано к печати 8/II-1977 г.
Т-00728.
Формат бумаги 70×100/16.
Бум. л. 5
Уч.-изд. л. 16,8.
Усл.-печ. л. 13,0
Тираж 80 000 экз. Зак. 3084.

Чеховский полиграфический
комбинат Сбюзполиграфпрома
при Государственном комитете
Совета Министров СССР
по делам издательства,
полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов, Московской области.



В следующем номере

Сейчас уже нет сомнений, что в значительной степени изменения физико-химических свойств атмосферы являются прямым или косвенным следствием производственной деятельности человека. К чему может привести дальнейшее развитие данных процессов?

Б. М. Смирнов. Влияние человека на атмосферу Земли.

И. И. Вольнов. Антропогенное загрязнение атмосферы фреонами и его возможные последствия.



Ценную информацию о горных нефтегазоносных горизонтах удалось получить при изучении продуктов извержения грязевых вулканов Азербайджана, где сосредоточено более 50% всех подобных образований мира.

А. А. Якубов. Природные скважины нефти и газа.



Успехи советского хлопководства в значительной степени обусловлены бурным развитием хлопководческой науки, у истоков которой стоял крупный ученый, представитель научной школы Н. И. Вавилова Г. С. Зайцев.

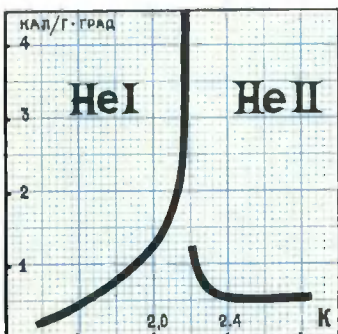
Письма Вавилова Зайцеву раскрывают интереснейшие страницы истории создания научного хлопководства как самостоятельной отрасли науки.

Письма Н. И. Вавилова Г. С. Зайцеву.



Если ранее основным свойством вирусов считали болезнетворность, сегодня можно говорить об их положительной роли в онтогенезе и филогенезе высших организмов.

А. С. Шевелев. Возможная роль вирусов в онтогенезе высших организмов.



Об исследованиях в области сверхпроводимости и сверхтекучести, а также о том, какие новые результаты можно ожидать в этой области в ближайшем будущем, рассказал в интервью нашим корреспондентам В. Л. Гинзбург, которым получен ряд важных результатов в изучении сверхпроводимости.

В. Л. Гинзбург. Сверхпроводимость и сверхтекучесть (вчера, сегодня, завтра).

Цена 50 коп.
Индекс 70707

