

ПРИРОДА

11.72



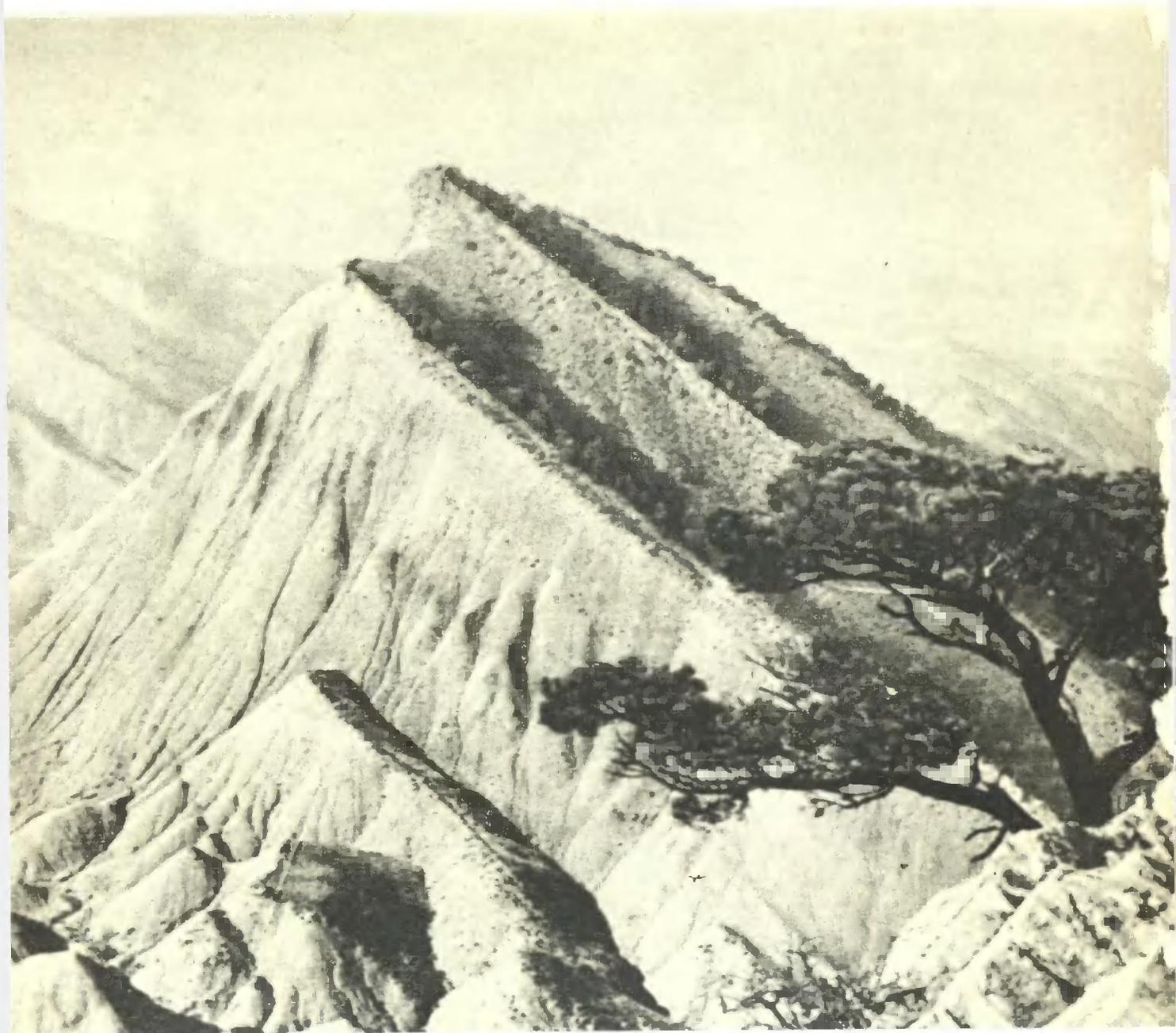
Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва



Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Б. Л. АСТАУРОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ

Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Академик
И. К. КИКОИН

Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН

Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

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

Зам. главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

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

Доктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВ

Доктор биологических наук
А. Н. ФОРМОЗОВ

Академик
Г. М. ФРАНК

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор
Д. И. СКЛЯР
Корректоры
Ю. И. ГЛАЗУНОВА,
Л. А. ЛЕДНИКОВА

Адрес редакции:
Москва, М-127, ул. Осипенко, 52

Тел. 231-76-80, 231-71-60
Подписано к печати 16/Х-1972 г. Т-17703
Формат бумаги 84×108¹/₁₆
Уч.-изд. л. 16,1+1 вкл. Усл. печ. л. 11,76
Тираж 50 000 экз. Зак. 1123. Бум. л. 3,5

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

Обложка отпечатана на
Подольской фабрике офсетной печати
Подольск, Революционный проспект,
80—42.

- В. И. Дуженков.** Научные центры в СССР 2
- Н. А. Борисевич.** Инфракрасные дисперсионные фильтры 8
- Л. П. Зоненшайн.** Проблемы глобальной тектоники 15
- П. А. Черкасов, Е. Н. Вилесов.** Ледовый запас Казахстана 24
- Г. Я. Бей-Биенко.** Мир насекомых и охрана природы 32
- А. М. Синюхин.** Сигналы у растений 40
- Перспективы экспериментальных исследований атомного ядра 48
- П. П. Иванчук.** Рифы нерифового происхождения 54
- А. Е. Резников.** «Акустические глаза» дельфина 60
- Е. Б. Бабский, Н. А. Григорьян.** Герман Гельмгольц как физиолог 66
- Я. Э. Эйнасто, М. М. Йыэвээр.** Галактика Андромеды 70
- НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ
- Г. С. Аваков.** Эльдарская сосна и куэстовый рельеф 81
- В. С. Гречишкин, Е. М. Шишкин.** Двухчастотное спиновое эхо 84
- В. М. Сдобников.** Белый медведь на острове Ушакова и Северной Земле 86
- П. Н. Кропоткин.** Новое о геологии Марса 88
- НОВОСТИ НАУКИ 90
- КНИГИ
- С. А. Степанова.** Энциклопедия союзных республик 100
- А. А. Стрелков, М. Е. Тер-Минасян, А. А. Гуреев.** О серии «Жизнь животных» Новые книги 101
- ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ
- А. Н. Обозов.** Пирамидальная сосна 109
- А. Д. Подгурская, В. Т. Подгурский.** Зеленый кузнечик — истребитель личинок колорадского жука 109
- РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА
- Г. И. Покровский.** Письмо в редакцию 110
- В КОНЦЕ НОМЕРА
- Ф. К. Величко.** В дремучем лесу названий 111

На первой странице обложки. Хищный клоп ринокорис (*Rhinocoris annulatus*) в единоростве с пчелой. См. статью Г. Я. Бей-Биенко «Мир насекомых и охрана природы», стр. 32.

Фото В. М. Ермоленко

На второй странице обложки. Хребет Эллариоуги. Общий вид вдоль гребня. См. статью Г. С. Авакова «Эльдарская сосна и куэстовый рельеф», стр. 81.

Фото Г. С. Авакова

На четвертой странице обложки. Ледник Шокальского, расположенный на северных склонах хребта Заилийский Алатау. Его площадь 10,8 км², длина 4,7 км. См. статью П. А. Черкасова и Е. Н. Вилесова «Ледовый запас Казахстана», стр. 24.

Фото В. А. Кукушкина

При перепечатке ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

Редакция рукописей не возвращает.

Научные центры в СССР

В. И. Дуженков
Кандидат химических наук

За 50 лет в развитии производительных сил Советского Союза произошли гигантские изменения. На службу человека поставлены богатства природы во всех союзных республиках; ежегодно вводятся в строй сотни крупнейших предприятий; национальный доход вырос в 100 раз. Еще большие задачи предстоит решить в будущем по дальнейшему развитию и рациональному размещению производительных сил, и в первую очередь — по повышению эффективности всего общественного производства, дальнейшему ускоренному освоению природных ресурсов, наращиванию экономического потенциала восточных районов страны.

Выполнить эту грандиозную программу можно лишь при широком применении достижений научно-технической революции, используя преимущества социалистической системы хозяйства.

Значительная роль в решении стоящих перед нашей страной задач отводится научным центрам — ведущей форме объединения ученых различных отраслей знания.

Несмотря на то, что научные центры созданы и весьма успешно работают во всех союзных республиках, многие вопросы, связанные с их структурой, их деятельностью и размещением, еще не решены. Отдельные районы страны, в особенности районы ускоренного развития, нуждаются в определенной системе научных учреждений и вузов; необходимо усиление комплексного подхода к изучению территорий, укрепление связей науки с производством как в уже сложившихся, так и развивающихся регионах.

Все это обуславливает особое внимание к проблемам формирования, развития и размещения научных центров, к изучению взаимодействия и взаимовлияния науки и производства, а также социальных последствий деятельности научных центров.

В публикуемой статье В. И. Дуженкова сделана попытка выявить преимущества этой формы организации науки, показать роль научных центров в изучении и развитии производительных сил страны и их будущее.

Академик Н. Н. Некрасов



Владимир Иванович Дуженков, заведующий сектором научных центров Совета по изучению производительных сил при Госплане СССР. Работает над проблемами экономики и организации науки. Основные работы: *Наука и промышленное развитие*. М., 1967; *Научные центры в СССР и их роль в развитии науки*. В сб.: *Социально-экономические и организационные вопросы науки в СССР*. М., 1970.

Что такое научный центр

Термин «научный центр» (НЦ) прочно вошел в наш словарь. Но термин этот весьма неопределенный: одни понимают под ним исследовательский институт, другие — объединение институтов, академию наук, а то и город, где расположены научные учреждения.

Подходя к понятию центра с точки зрения управления в сфере науки, мы будем считать научным центром не просто находящиеся на определенной территории научные учреждения, а оформленное правовым актом объединение научных и вспомогательных учреждений, имеющих общие цели, сильные внутренние научные и организационные связи.

Но при этом возникает вопрос, можно ли считать научным центром те города, где находятся десятки научно-исследовательских институтов и вузов различных ведомств? Нет, поскольку все эти институты, не будучи

связанными ни в организационном, ни в научном отношении, образуют не НЦ, а центр научной деятельности. Так, Ленинград — крупнейший исторически сложившийся культурный и административный центр, в котором находится свыше 250 научных учреждений. Это центр научной деятельности мирового значения, но это не научный центр: здесь недостаточно сильны организационные и научные связи между научно-исследовательскими институтами, что снижает эффективность их деятельности; нет в должной мере комплексного решения проблем, направленных на развитие производительных сил данного экономического района. Поэтому в настоящее время здесь проводится работа по улучшению организации и координации исследований, по объединению научных учреждений АН СССР, созданию научного совета по развитию науки и производительных сил Северо-Западного экономического района.

Типы научных центров

Существует несколько типов НЦ, для каждого из которых характерны свои цели, своя структура, свои формы управления и принципы размещения. Беря за основу классификации цели, стоящие перед центром, можно четко выделить 3 типа НЦ: региональные, комплексные и отраслевые.

Региональные НЦ — это объединения небольшого числа НИИ, расположенных в одном городе, а также отдельных организаций и лабораторий в других пунктах района. Основная задача региональных НЦ — изучать природные ресурсы и разрабатывать научные проблемы, связанные с развитием производительных сил определенного экономического района или его части. Профиль и структура таких НЦ зависит от региональной тематики, определяемой, в свою очередь, специализацией района в общесоюзном разделении труда. Типичный пример региональных НЦ — филиалы АН СССР и академий наук союзных республик.

Региональные НЦ — первая стадия объединения научных сил в районах, где еще недостаточно высок уровень научного потенциала. Уже в 1930 г. был организован ряд региональных центров в союзных и автономных республиках¹.

По мере количественного роста научных кадров, повышения их квалификации, материального обеспечения исследований, в НЦ наряду с региональными проблемами все в большей мере начинают решаться актуальные общенаучные, фундаментальные проблемы, а региональная тематика передается возникающей в районе прикладным НИИ, отраслевым и проблемным лабораториям вузов. Институты НЦ в ряде случаев становятся ведущими учреждениями по определенным направлениям науки.

Увеличение доли фундаментальных исследований в тематике НЦ отнюдь не следует понимать как отрицательное явление. Напротив, высокий теоретический уровень исследований в институтах НЦ — главный залог успешного решения региональных про-

блем. Важно лишь добиться оптимального сочетания объемов исследований по обоим направлениям и не допускать, чтобы на определенном этапе развития в НЦ проявлялись тенденции свертывать региональную тематику, как это нередко случается.

В структуре регионального НЦ, как правило, имеются геологический, биологический и химический институты, а также институты истории, языка, литературы, отдел или институт экономики.

Региональные НЦ выполнили и продолжают выполнять очень большую и полезную работу, они сыграли видную роль в развитии производительных сил многих районов страны, и их деятельность полностью оправдала такую форму объединения научных учреждений. Широко известны, например, работы ученых Кольского филиала АН СССР им. С. М. Кирова в области разведки, добычи и переработки минерального сырья Кольского п-ва, химии и технологии редких элементов, в изучении флоры Севера. Много сделано для развития производительных сил Урала почти за 40 лет деятельности Уральского филиала АН СССР (УФАН), на базе которого ныне создан Уральский научный центр. Здесь в период становления крупнейшей металлургической базы страны — Урало-Кузнецкого комбината — решались многие научные проблемы. Существенный вклад сделал УФАН в годы войны и послевоенного восстановления народного хозяйства. С 50-х годов в УФАНе широким фронтом развернулось комплексное изучение природных богатств Урала и путей их рационального использования, а также фундаментальные исследования по многим направлениям физики, химии, биологии, геофизики, биохимии, математики.

Большой вклад в развитие производительных сил своих регионов и всей страны, в советскую и мировую науку вносят Башкирский, Коми, Карельский, Дагестанский филиалы АН СССР, Якутский, Бурятский, Восточно-Сибирский филиалы Сибирского отделения АН СССР и другие региональные НЦ.

Комплексные НЦ — это крупные объединения научных и вспомогательных учреждений, перед которыми

стоят 4 важнейшие задачи: 1 — развитие фундаментальных исследований в области естественных и общественных наук; 2 — разработка проблем, способствующих ускоренному развитию производительных сил союзных республик или экономических районов, где размещены НЦ; 3 — подготовка научных кадров; 4 — координация исследований в области естественных и общественных наук, проводимых всеми организациями, расположенными в районе.

Комплексные НЦ — это, в известной мере, те же региональные НЦ, но на более высокой стадии развития, которая закономерно приводит к качественным различиям. В процессе развития народного хозяйства республик и районов перед наукой ставились все более сложные задачи, требующие значительно большей численности работников, более мощной экспериментальной базы, более широкого фронта исследований. Эти задачи превосходили возможности региональных НЦ, и нужна была иная форма организации науки в регионе. Так, на базе бывших филиалов АН СССР произошло образование республиканских академий наук в Закавказье, Средней Азии, Казахстане, Молдавии, а также Сибирского отделения АН СССР, т. е. по существу региональные НЦ превратились в комплексные НЦ.

Условиями для объединения институтов в комплексном НЦ служат территориальная близость и связь деятельности институтов с интересами определенной республики или региона, с изучением ресурсов и путей их оптимального использования. Но поскольку комплексные НЦ обслуживают достаточно крупные регионы, подчас с резко различными природно-климатическими зонами, нередко — со многими производственными центрами, здесь иной объем исследований, иная картина размещения НИИ, чем в региональном НЦ. Наряду с ядром, в котором размещена основная часть институтов комплексного НЦ, имеются научные и вспомогательные учреждения, расположенные на сотнях, а иногда и тысячах километров от ядра центра и представляющие собой или небольшие НЦ, или отдельные НИИ, которые являются базой для

¹ А. В. Кольцов. Первые базы и филиалы Академии наук. «Природа», 1972, № 10.

формирования региональных НЦ; все эти региональные НЦ и отдельные, не входящие в них НИИ, образуют комплексный НЦ.

В состав комплексного НЦ входят учреждения практически всех основных отраслей науки. Кроме институтов преимущественно регионального направления (геология, биология, почвоведение и т. д.), где разрабатываются проблемы, актуальные для развития хозяйства данного района, тематика которых и создает специфику того или иного НЦ, в него обязательно входят НИИ физико-технических и математических отраслей знания. Именно они содействуют достижению высокого теоретического уровня в других НИИ естественнонаучного и гуманитарного профиля, так как в современных условиях ни одна наука не может развиваться, игнорируя количественные закономерности изучаемых явлений, не привлекая современных методов исследования. Опыт показывает, что в тех НЦ, где нет сильных коллективов физико-технического и математического профиля, научные учреждения, как правило, не выходят за пределы региональной тематики и результаты их деятельности менее значительны.

К комплексным НЦ относятся академии наук союзных республик, Сибирское отделение АН СССР, научные центры АН СССР на Урале, Дальнем Востоке, Северо-Кавказский НЦ высшей школы.

Отраслевые НЦ — это объединения научных учреждений одной или весьма близких отраслей знания, цель которых — разработка комплекса проблем преимущественно одной науки (химии, биологии, физики) или одной отрасли народного хозяйства (энергетики, машиностроения, химической промышленности, сельского хозяйства).

Отраслевые НЦ не связаны так тесно с решением проблем конкретных регионов — перед ними стоят общесоюзные задачи. Отраслевые НЦ подразделяются на две группы. Одни разрабатывают преимущественно фундаментальные, другие — прикладные исследования. К первой группе относятся центры АН СССР, возникшие в 50-х годах вокруг Москвы: Научный центр биологических ис-

следований в Пущине, Ногинский научный центр и др. В них входят главным образом те учреждения, в которых разрабатываются новые, возникшие сравнительно недавно отрасли знания или новые направления исследований, которым по ряду причин трудно развиваться в уже сложившихся коллективах.

Несмотря на то что отраслевые НЦ АН СССР еще очень молоды и в ряде случаев не завершено ни их формирование, ни их строительство, труды ученых этих НЦ уже получили международное признание.

Специализированные НЦ не случайно размещены вблизи крупнейших промышленных и культурных центров; здесь представлены научные учреждения всех отраслей знания, которые могут оперативно оказывать и методическую помощь, и помощь кадрами, оборудованием.

К прикладным отраслевым НЦ относятся все отраслевые академии — Академия медицинских наук, ВАСХНИЛ, академии педагогических наук, коммунального хозяйства.

В настоящее время формируется особый вариант отраслевых НЦ — научно-производственные объединения (НПО). НПО — прогрессивная организационная форма соединения науки и производства. Главные задачи НПО: ускорение научно-технического прогресса в отрасли, повышение эффективности научно-технических работ, сокращение сроков создания и внедрения в производство новых технологических процессов и новой продукции.

В нашей стране за период 1968—1972 гг. создано уже более 60 НПО в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, причем наряду с общепромышленными возникают и территориальные НПО. В состав НПО входят: научно-исследовательские институты, являющиеся ведущими подразделениями комплекса; конструкторские и специальные конструкторские бюро; опытные и экспериментальные заводы; предприятия серийного выпуска новой техники. Такое объединение позволяет ликвидировать организационную разобщенность на различных стадиях процесса создания и освоения новой техники, добиться непрерывности осуществле-

ния научно-технического прогресса.

Опыт работы таких НПО, как «Полизитрон», «Пластполимер», «Пищепромавтоматика», «Нефтехим», и многих других показал, что с их организацией резко возросло количество внедренных разработок, в 2—3 раза сократились сроки создания новой техники, повысились качество и технико-экономические показатели выпускаемой продукции.

НПО размещены в основном в Ленинграде, Москве, Киеве. В то же время НПО создаются и в городах, не являющихся крупными центрами научной деятельности, где объединение творческих сил ученых и производственников, прекращение перехода инженерного персонала предприятий в систему научных учреждений особенно актуально. НПО уже созданы в Сумах, Воронеже, Полтаве, Симферополе и некоторых других городах.

Формированию отраслевых НЦ уделяется сейчас большое внимание. Так, началось создание Сибирского отделения ВАСХНИЛ, в состав которого вошли несколько институтов в Новосибирске, а также НИИ других городов Сибири и Дальнего Востока. Его задача — вести исследования по важнейшим проблемам сельского и лесного хозяйства, мелиорации земель Сибири и Дальнего Востока, участвовать в подготовке и повышении квалификации научных работников и специалистов сельского хозяйства.

НЦ в системе ВАСХНИЛ будет тесно связан с группой институтов Новосибирского НЦ Сибирского отделения АН СССР, ибо для решения многих актуальных проблем сельского хозяйства необходимо использовать исследования по физике, химии, биологии, механике, математике, электронике, которые проводятся в Новосибирском Академгородке.

Таким образом, в СССР сложилась система НЦ различного типа, которая непрерывно расширяется. Чем же вызвано развитие этого процесса?

Преимущества научных центров

НЦ, являющийся объединением институтов различного профиля, организационно воплощает в себе важней-

шую закономерность науки — интеграцию знаний на основе их глубокой дифференциации и специализации. И в этом — главное прогрессивное значение НЦ, определяемое комплексным подходом к изучаемым явлениям, высокой эффективностью исследований.

Система НЦ содействует прогрессивному процессу концентрации в науке и, одновременно, в известной мере позволяет преодолевать нежелательные последствия чрезмерной концентрации научных сил в отдельных пунктах. Порождение «большой науки», НЦ отражает новые тенденции в научной деятельности (большие затраты, индустриализация, коллективизм и т. д.).

Объединение различных коллективов в НЦ кроме эффекта агломерации и потенциального экономического эффекта, получаемого от сокращения сроков за счет комплексности и повышения качества разрабатываемых проблем, дает положительный экономический эффект и за счет экономии капитальных вложений: застройка территорий для комплекса учреждений ведется компактно, создаются общие вспомогательные службы и вычислительные центры, появляется возможность иметь дорогостоящие установки, которые рациональнее эксплуатировать не одному, а нескольким институтам, уменьшаются административно-хозяйственные и другие накладные расходы. Особо следует подчеркнуть резкое возрастание информационной обеспеченности ученых в местах размещения НЦ.

Уже сейчас можно говорить об экономической выгоде объединения НИИ в НЦ. Например, только при строительстве общественного центра Восточно-Сибирского научно-учебного комплекса в Иркутске, можно получить, по подсчетам проектировщиков, более 20 млн руб. экономии.

Создание системы НЦ оказывает серьезное влияние на организацию и управление наукой в стране. Остановимся лишь на трех важнейших моментах.

Первый. Система НЦ позволяет совершенствовать структуру и территориального и отраслевого руководства наукой; вызывает известную децент-

рализацию в управлении, освобождая союзные руководящие органы от оперативной работы с институтами, и позволяет сосредоточиться на решении стратегических вопросов. Одновременно усиливается роль республиканских органов в определении задач научных учреждений, находящихся на территории республики, и в объединении научных сил; возрастает самостоятельность и ответственность НЦ и их институтов в решении научных проблем и, что особенно важно, в выявлении и разработке исследований, связанных с ускорением развития производительных сил различных районов страны и отраслей народного хозяйства. Более четкой и деловой становится координация научных исследований; создание разветвленной сети НЦ содействует решению одной из самых актуальных задач, выдвинутой XXIV съездом КПСС, — усилению связи науки с производством.

Второй момент. Большую роль играют НЦ в подготовке научных кадров и, следовательно, в подъеме общего уровня науки, в повышении квалификации работников вузов, отраслевых НИИ и КБ, работников производства в районах расположения центров. В НЦ существенно увеличиваются возможности для профессиональной мобильности ученых.

Третий момент. Создание НЦ — один из действенных путей совершенствования размещения научных учреждений в стране.

Новые научные центры в РСФСР

Несмотря на большие успехи в развитии советской науки во всех республиках, в некоторых важнейших районах страны масштабы и уровень научных исследований не удовлетворяют возрастающим запросам развивающегося народного хозяйства. Требуется ликвидировать сложившиеся диспропорции, существенно повысить темпы развития науки, расширить фронт исследований: без этого невозможно добиться ускоренного развития производительных сил важнейших экономических районов. Эти сложные задачи могут успешно решить лишь крупные коллективы квалифицирован-

ных научных работников различных отраслей знаний.

В 1969 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О развитии научных учреждений в отдельных экономических районах РСФСР», значение которого трудно переоценить. В целях дальнейшего изучения и развития производительных сил Урала, Сибири, Дальнего Востока и других районов РСФСР постановлением было предусмотрено создание ряда новых научных центров, и в первую очередь Уральского и Дальневосточного НЦ АН СССР и Северо-Кавказского центра высшей школы. Перед этими объединениями поставлены задачи, которые свойственны комплексным НЦ.

Для каждого центра наряду с общими задачами, определенными постановлением, руководящими органами утверждены конкретные задания, обусловленные спецификой проблем, связанных со своеобразием природных, экономических и социальных условий данного экономического района. При составлении конкретных заданий учитывались и такие факторы, как сложившиеся направления в науке, количество и качество научных кадров. Все эти факторы и определяют профиль каждого НЦ.

Например, ученые Дальнего Востока сосредоточивают свои силы на изучении: 1 — особенностей геологического строения и размещения полезных ископаемых своего региона, Тихоокеанского рудного пояса и зоны перехода от континента к океану; 2 — комплекса геофизических, геологических, химико-биологических проблем, связанных с исследованием Тихого океана и его морей; 3 — растительного и животного мира Дальнего Востока, путей его рационального использования, биологически активных веществ флоры и фауны, в том числе морских организмов; 4 — вопросов развития и размещения производительных сил, истории и культуры народов Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии.

Исследования в Уральском НЦ АН СССР развиваются в следующих направлениях: изучение глубинного строения Урала; разработка новых технологических схем комплексного извлечения важнейших компонентов

при переработке минерального и растительного сырья; исследование проблем физики и химии металлов и сплавов, создание материалов с нужными свойствами; автоматизация и управление технологическими процессами в ведущих отраслях народного хозяйства района; комплексное изучение экономических и социальных проблем развития производительных сил Урала.

Довольно широк круг проблем, разрабатываемых в Северо-Кавказском НЦ высшей школы. Сейчас происходит процесс выработки основных направлений научных исследований этого НЦ. Очевидно, главными для него будут: комплекс биолого-химических проблем и, в первую очередь, проблема Азово-Дона-Кубанского бассейна; научные основы рационального использования и повышения производительности почв Нижнего Дона и Северного Кавказа; селекция важнейших сельскохозяйственных растений и животных; проблемы горного земледелия; курортология и бальнеология; физическая и органическая химия, в том числе химия физиологически активных соединений; геология металлических и неметаллических ископаемых Кавказа, южных районов Европейской части СССР; исследования в области физики твердого тела, радиотехники и электроники, машиностроения и металлургии, химической технологии; широкий круг проблем предстоит решить по экономике, истории, языкам, литературе народов Северного Кавказа.

В соответствии с задачами строится и сеть научных учреждений, входящих в НЦ. Рассмотрим это на примере Дальневосточного центра.

В состав Дальневосточного НЦ при его создании вошли: институты — геологический, вулканологии, биолого-почвенный, биологически активных веществ; Хабаровский, Северо-Восточный и Сахалинский комплексные НИИ; ряд отделов, станций, заповедников. Уже после организации НЦ в соответствии с его основным профилем создаются институты, без которых невозможно решение поставленных задач: автоматики и процессов управления; химии; экономики; биологии моря; тектоники и геофизики; географии; истории, археологии и эт-

нографии народов Дальнего Востока и др. Таким образом, в состав новых НЦ входят, как мы видим, институты, которые разрабатывают разные направления науки, охватывающие главные проблемы современного знания от математики до экономики, и в то же время изучают конкретные проблемы данного района.

Развитие НЦ на местах рассматривается как особо важная сфера деятельности партийных и советских органов. Ставится задача всемерно содействовать укреплению материальной базы научных учреждений, созданию необходимых условий для повышения эффективности научных исследований. Особое внимание уделяется созданию жилищных и культурно-бытовых условий, отвечающих современным требованиям, обеспечению вновь созданных научных центров высококвалифицированными научными кадрами, в том числе действительными членами и членами-корреспондентами АН СССР. Не случайно на прошедших в 1970 г. выборах в состав АН СССР было избрано 10 академиков и 37 членов-корреспондентов, работающих на периферии в НЦ: в Магадане, Хабаровске, Владивостоке, Свердловске, Ростове-на-Дону и других городах.

Несколько отличается от научных центров АН СССР структура управления в НЦ высшей школы. Здесь научно-организационное руководство осуществляет Совет директоров учреждений, входящих в состав центра. Северо-Кавказский научный центр — первое в СССР региональное объединение научных коллективов высших учебных заведений, призванное планировать и направлять деятельность 50 вузов и более 200 научных учреждений района.

НЦ высшей школы — новая для СССР форма организации научных исследований. Это эксперимент, направленный на повышение эффективности научной работы в вузах, повышение роли ученых высшей школы в организации исследований, важных для развития производительных сил крупного экономического района. Впервые органу высшей школы поручена координация исследований не по отдельной проблеме, по которой тот или иной вуз или его НИИ является

ведущим, а координация всех исследований в области естественных и общественных наук, проводимых в учреждениях других ведомств и министерств, расположенных в экономическом районе.

Для усиления эффективности научных исследований Северо-Кавказскому НЦ дано право создавать хозрасчетные КБ и опытные производства. Широко будет применяться принцип организации временных научных коллективов для разработки конкретных проблем, после решения которых коллектив должен переформироваться в соответствии с новыми целями. Большое преимущество вузовского научного центра — единство научной и педагогической деятельности, возможность сочетать обучение студентов с их научной работой, что, бесспорно, повысит уровень образования молодых специалистов.

Деятельность Северо-Кавказского НЦ позволит изучить, насколько оправдан подобный путь организации научных исследований, выявить факторы, способствующие повышению эффективности науки в решении проблем ускоренного развития производительных сил экономических районов. Уже сейчас, несмотря на значительные трудности, испытываемые НЦ, можно говорить о серьезных успехах ученых Северного Кавказа, о консолидации научных сил в решении актуальных проблем этого региона, а также — и общенаучных проблем.

Будущее научных центров

Государственная политика в области науки, уделяя большое внимание совершенствованию организации исследований, улучшению отраслевого и территориального руководства наукой, усилению комплексного решения исследовательских программ, предусматривает создание в нашей стране многих новых научных центров¹.

Сейчас прорабатываются вопросы создания НЦ в Поволжье и на Северо-Западе РСФСР. Формируются пять НЦ АН Украинской ССР — Харьковский, Донецкий, Днепрпетровский, Южный и Западный. Каждый центр будет представлять собой комплексы

¹ Международное совещание коммунистических и рабочих партий. Сб. М., 1969, стр. 84.

НИИ, КБ, экспериментально-производственных баз, имеющих как между собой, так и с предприятиями своего региона развитые организационные, экономические и информационные связи. Одна из основных задач НЦ — разработка научных проблем, связанных с развитием производительных сил соответствующих регионов. Так, перед Донецким НЦ, с учетом специфики региона и имеющихся научных кадров, поставлены задачи совершенствования угледобычи и методов обработки металлов, решения проблем тяжелого органического синтеза и экономики промышленности. Харьковский НЦ будет комплексно решать вопросы развития техники, радиофизики, электроники, ядерной физики и т. д.

В 9-й пятилетке и в последующий период будет ускоренными темпами происходить освоение природных ресурсов и наращивание экономического потенциала восточных районов нашей страны, где сосредоточены основные запасы природных ресурсов, куда уже сейчас направляется свыше трети капитальных вложений. Решение этой исторической задачи, от которой во многом зависит построение материально-технической базы коммунистического общества, выдвигает очень большие и сложные проблемы перед наукой и ее организацией.

Необходимо на основе глубоких теоретических исследований определить масштабы освоения, выявить все многообразие ресурсов, обосновать очередность их использования, создать технические средства для эффективной добычи и переработки полезных ископаемых в сложных, а кое-где — и в экстремальных природных условиях, с минимальным использованием трудовых ресурсов, обеспечить комфортные условия для трудящихся.

Для выполнения всех этих задач необходимо усилить разработку многих региональных научных и научно-технических проблем, обусловленных спецификой комплекса природных и социально-экономических условий определенного района.

Каждый такой район занимает, как правило, территорию, сравнимую или даже большую, чем несколько стран мира; на территории района размещаются (или будут размещены) круп-

нейшие предприятия различных отраслей народного хозяйства. Поэтому научные проблемы, направленные на ускорение развития производительных сил восточных и северных районов, носят комплексный, межотраслевой характер и для их разработки вряд ли можно обойтись созданием отдельных НИИ или филиалов центральных НИИ страны на местах — нужна система научных учреждений, а также объединений науки и производства различного типа и структуры в зависимости от специфики района и уровня развития его производительных сил, от задач, стоящих перед наукой в данном регионе.

Впрочем, народнохозяйственные комплексы будут формироваться не только на востоке нашей страны, но и в ее центре. Уже развернулись работы по созданию Саянского, Братского, Южно-Таджикского, Тимано-Печорского, КМА и других комплексов. Огромная работа по освоению грандиозных месторождений нефти и газа идет в Приобье.

При освоении и развитии территорий с высокой концентрацией природных ресурсов, при создании крупнейших народнохозяйственных комплексов со всей остротой встает задача, выдвинутая на XXIV съезде КПСС: органически соединить достижения научно-технической революции с преимуществами социалистической системы хозяйства; шире развить свои, присущие социализму формы соединения науки с производством. И один из таких путей — рациональное размещение научного потенциала, приток в промышленность значительного числа научных кадров.

По нашему мнению, учреждения системы науки и высшего образования должны быть непременной составной частью крупного народнохозяйственного комплекса, одним из его ведущих элементов наряду с предприятиями, профилирующими данный комплекс.

Именно в центрах комплексов должны возникнуть и развиваться в дальнейшем научные центры и центры подготовки кадров, способные уже заранее не только учитывать перспективы развития народного хозяйства комплекса, возможные структурные сдвиги, но и разрабатывать

эти перспективы. Формирование комплексов «наука — образование — производство» — эффективный путь устранения диспропорций в развитии и размещении науки и производства, в подготовке и распределении квалифицированных кадров; ускорения темпов научно-технического прогресса; развития производительных сил всех экономических районов страны.

Нужно подчеркнуть, что формирование новых НЦ — это не строительство заново, на новом месте. Это, в значительной мере, организационное мероприятие по консолидации научных сил, яркое выражение тенденции к концентрации в науке, к более четкой организации НИИ и более четкому разделению труда между ними, тенденции к резкому усилению комплексности исследований, к существенному росту материально-технического и информационного оснащения научных учреждений. Словом, это путь интенсификации в науке. Конечно, потребуются определенные вложения, но создание НЦ — это, несомненно, путь более экономичный, чем создание отдельных НИИ. Эффект от затрат на создание НЦ будет весьма высок.

В результате увеличивающейся интеграции, усиления научно-технического сотрудничества развитие и размещение НЦ в нашей стране будет оказывать все возрастающее влияние на формирование и размещение научных учреждений в зарубежных странах. Это положение подчеркивается в опубликованной недавно комплексной программе развития интеграции стран — членов СЭВ. По-видимому, существующие отдельные международные институты и лаборатории могут стать зародышами международных центров.

Все сказанное свидетельствует о необходимости тщательно и всесторонне анализировать вопросы развития и организации науки в отдельных регионах и пристально исследовать комплекс проблем, связанных с созданием и функционированием НЦ как прогрессивной формы организации в науке, изучать научные и социальные последствия их деятельности.

Инфракрасные дисперсионные фильтры

Академик АН БССР Н. А. Борисевич



Николай Александрович Борисевич, президент Академии наук БССР. Автор ряда научных работ в области спектроскопии, люминесценции и квантовой электроники, в том числе монографий: Возбужденные состояния сложных молекул в газовой фазе. Минск, «Наука и техника», 1967; Инфракрасные фильтры. Минск, «Наука и техника», 1971.

За 50 лет, прошедшие с образования Союза ССР, белорусская наука достигла международного уровня. В публикуемой статье рассказывается об одном из ее достижений — разработке принципиально нового метода создания инфракрасных фильтров, которые нашли широкое применение в решении научных и практических задач.

Инфракрасное излучение испускают Солнце, планеты и звезды, разнообразные лампы и другие специально созданные источники излучения, одним словом, все нагретые тела. Оно охватывает значительный диапазон длин волн — от 0,76 до 1000 мкм. Открыто инфракрасное излучение было Гершелем в 1780 г. С тех пор, вот уже около 200 лет, эта область спектра тщательно изучается.

В физике и химии инфракрасная спектроскопия широко используется для исследования структуры молекул, строения жидких и твердых тел, для анализа качественного и количественного состава вещества и т. д. Известно, что инфракрасные лучи оказывают воздействие на отдельные клетки и высшие живые организмы. По инфракрасному излучению планет астрофизики определяют температуру и свойства их атмосфер. Хорошо известны инфракрасная фотография, пирометрия и сушка инфракрасным излучением весьма большого круга материалов и изделий.

В науке и технике возник целый ряд направлений, основанных на изучении и применении инфракрасного излучения.

Фильтрация излучения

При решении подавляющего большинства научных и практических за-

дач возникает необходимость монохроматизации (фильтрации) инфракрасного излучения, т. е. выделения в спектре узкой полосы частот. Дело в том, что почти у всех нагретых тел спектр излучения сплошной и очень широкий (рис. 1).

Если, например, инфракрасное излучение используют для изучения строения молекул по их колебательно-вращательным спектрам или, скажем, для разработки нового метода молекулярного спектрального анализа, возникает необходимость в последовательном выделении участков инфракрасного спектра шириной 0,01 и даже 0,001 мкм. Эта задача решается с помощью весьма тяжелых и сложных, дорогостоящих приборов, которые называются монохроматорами или спектрометрами. В практике часто необходимы более простые и меньших размеров, светосильные и надежные в эксплуатации устройства, способные при взаимодействии с излучением изменять его спектральный состав. Эти приборы называются фильтрами.

Фильтры, спектральная характеристика которых изображена на рис. 1 кривой III, относятся к полосовым. Кривую III показывают полосой пропускания фильтра. Если фильтр с такой полосой пропускания поместить перед источником излучения, он из-

всего потока излучения отберет и пропустит только инфракрасные лучи длин волн λ от 28 до 30 мкм. Пропускание фильтра на данной длине волны λ обычно выражается в процентах и обозначается T_λ .

Для полосы пропускания фильтра характерны: 1 — длина волны $\lambda = \lambda_0$, соответствующая максимуму полосы пропускания фильтра; 2 — величина пропускания в максимуме полосы $T_{\lambda_0} = T_{\max}$; 3 — полуширина полосы пропускания $\Delta\lambda$, т. е. ширина спектрального интервала, на границах которого пропускание равно половине максимального; 4 — контрастность, определяемая как отношение T_{\max} к T_λ . Однако в этом случае контрастность не всегда достаточно полно отражает качество фильтра. Дело в том, что T_λ может быть незначительным лишь для сравнительно узкого спектрального интервала вблизи от λ_0 и в результате давать высокую контрастность. На самом же деле интенсивность излучения, прошедшего вне полосы фильтра (фон), может быть большой; 5 — величина относительного интегрального фона, которая, определяется как отношение пропущенного излучения в спектральном интервале вне полосы прозрачности ко всему излучению, пропущенному фильтром. Все эти параметры и определяют качество фильтра.

Для видимой области спектра задачу фильтрации света можно считать в основном решенной. По ряду причин решение проблемы фильтрации инфракрасного излучения долгое время отставало от развития других областей инфракрасной техники и от запросов практики. Во-первых, инфракрасная область спектра значительно шире, чем видимая. Во-вторых, к фильтрам, работающим в этой области, предъявляются очень жесткие требования. При достаточно высокой температуре источника интенсивность инфракрасного излучения в области фильтрации бывает в тысячи раз слабее интенсивности излучения источника в максимуму спектра. Чтобы фон фильтра был незначительным, пропускание излучения длин волн максимума спектра, которые необходимо задержать, должно составлять тысячные доли процента. Создать такой фильтр — задача непростая. В-треть-

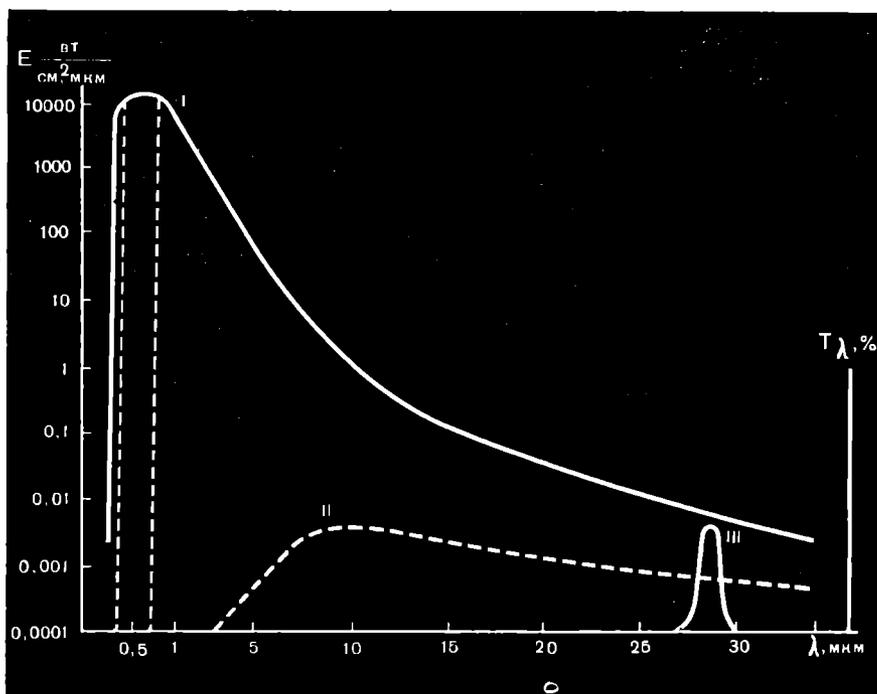


Рис. 1. Спектры теплового излучения тел: I — сплошной спектр, близкий к спектру излучения Солнца ($T = 6500^\circ \text{K}$); II — спектр тела при комнатной температуре ($T = 300^\circ \text{K}$); кривая III показывает излучение, пропускаемое фильтром, на который падает солнечный свет. Вертикальными пунктирными линиями выделена видимая область спектра.

их, не всегда стойки и легко доступны материалы, необходимые для изготовления инфракрасных фильтров.

Новый класс фильтров

Хорошо известно, что электромагнитное излучение рассеивается, если на пути его распространения встречаются неоднородности. В общем случае неоднородности характеризуются флуктуациями показателя преломления. Если пренебречь поглощением, то возмущение, вносимое неоднородностью в поле падающей волны, зависит от двух величин — от разности показателей преломления неоднородности и окружающей ее среды и от соотношения размеров неоднородностей и длины волны излучения.

Еще К. Христиансен, изучая иммерсионные¹ свойства различных жидкостей, заметил (1884 г.), что некоторые кюветы, заполненные жидкостью со взвешенным в ней порошком кри-

¹ Иммерсионный метод — метод измерения показателя преломления порошков твердых частиц, взвешенных в жидкости с известным показателем преломления.

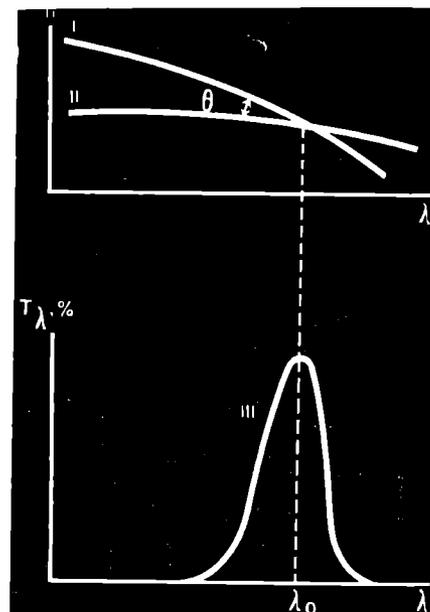


Рис. 2. I и II — кривые дисперсии двух компонент фильтра; III — соответствующая им полоса пропускания; θ — угол пересечения дисперсионных кривых; λ_0 — длина волны максимума полосы пропускания; n — показатель преломления; T_λ — пропускание фильтра.

сталла, фильтруют видимое излучение. Объясняется это с точки зрения геометрической оптики просто. Показатель преломления веществ n зависит от длины волны λ (рис. 2), и если для выбранной пары веществ кристалл — жидкость при какой-то $\lambda = \lambda_0$, разность показателей преломления Δn равна нулю, то такая среда окажется оптически однородной для света этой длины волны, т. е. будет его пропускать, а свет других длин волн будет в большей или меньшей степени рассеивать. Следовательно, система работает как дисперсионный фильтр. Полоса пропускания такого фильтра схематически изображена на рис. 2 кривой III.

Однако для видимой области спектра дисперсионные фильтры оказались не конкурентоспособными по сравнению с другими и не нашли применения. Прежде всего, таких фильтров было очень мало; свойства их были изучены недостаточно; кроме того, они не обладали необходимой механической прочностью, а спектральные их характеристики — стабильностью. Порошки, взвешенные в жидкостях, легко смещаются, и целостность слоя нарушается. Показатель преломления жидкостей сильно зависит от температуры, поэтому при изменении температуры будут меняться положение и форма полосы пропускания такой системы, если ее не поместить в термостат. В инфракрасной области спектра добавляется еще одна трудность: слишком мало жидкостей, прозрачных для инфракрасных лучей, а известный небольшой набор таких жидкостей для отдельных областей спектра (типа сероуглерода, четыреххлористого углерода) состоит из очень летучих и нестойких веществ.

В нашей лаборатории была выдвинута и практически реализована идея создания нового класса дисперсионных фильтров² — твердых фильтров, которые мы назвали дисперсионными фильтрами кристалл — кристалл.

Очевидно, что если смешать порошки двух кристаллов, показатели преломления которых совпадают для некоторой λ_0 , фильтра мы не полу-

чим, так как между частицами порошков присутствует третья среда — воздух. Простое удаление воздуха также ничего не даст, так как у вакуума показатель преломления равен 1. Частицы кристаллов необходимо сблизить настолько, чтобы для заданной λ_0 полости между ними не были рассеивающими центрами. Это удалось осуществить в соответствии с предварительными расчетами, прессуя порошки кристаллов под давлением около 10 тыс. кг/см² в вакууме $\sim 10^{-2}$ мм рт. ст.

Чтобы целенаправленно вести поиски систем, дающих дисперсионные фильтры, необходимо знать кривые дисперсии вещества (зависимость показателя преломления от длины волны). В инфракрасной области спектра эти кривые известны для немногих материалов. Показатель преломления n веществ претерпевает сильное изменение в инфракрасной области спектра. Справа и слева от полос поглощения показатель преломления имеет нормальную зависимость, т. е. уменьшается с возрастанием длины волны, а в пределах полосы — аномальную. При подходе к полосе со стороны коротких длин волн показатель преломления резко снижается и становится меньше единицы.

Форма кривой дисперсии, величины показателей преломления в областях с малой дисперсией, число полос поглощения определяются рядом параметров, характеризующих структуру материалов, — типом связи между ионами или атомами, классом симметрии решетки, атомным весом анионов и катионов или целых молекулярных группировок. Например, для ионных кристаллов, входящих в одну группу, показатель преломления тем больше, чем тяжелее ион. С возрастанием атомного веса ионов полдса поглощения перемещается в более длинноволновую область. Знание этих и других закономерностей, а также значений показателя преломления в видимой области позволяют предсказать качественно ход кривой дисперсии в инфракрасной области, если экспериментальной кривой в этой области спектра нет. Такие приближенные оценки оказались полезными при отборе материалов, перспективных в качестве компонент фильтра.

С другой стороны, для материала, пригодного в качестве компоненты в нескольких фильтрах, становятся известными значения показателя преломления для стольких же длин волн λ_0 . Это позволяет представить более точно ход дисперсионной кривой используемого материала.

Как оказалось, для выбора компонент твердых дисперсионных фильтров существуют довольно широкие возможности. Показатель преломления щелочных галогенидов (KCl, NaCl, KBr, KI) сравнительно невысокий, и они прозрачны в широкой области спектра. Эти кристаллы удобно использовать в качестве основы фильтра, потому что они легко прессуются и дают оптимальные спектральные характеристики фильтров. С другой стороны, существует несколько классов кристаллов, дисперсия которых велика в относительно узкой спектральной области и показатель преломления которых велик в коротковолновой части спектра, — это карбонаты, сульфаты, молибдаты, вольфраматы, окислы, кристаллы группы¹ $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^VI$. Эти кристаллы удобно использовать как наполнители в твердых фильтрах.

В качестве основы твердых фильтров можно использовать и полимерные материалы, прозрачные в инфракрасной области спектра, в частности полиэтилен. Высокая текучесть полиэтилена при температурах порядка 150°С позволяет прессовать его при низких давлениях и не в вакууме, что упрощает технологию изготовления фильтров.

На рис. 3а для примера приведены полосы пропускания твердых фильтров. В области спектра 4—20 мкм можно, применяя в качестве основы лишь KCl или NaCl, а в качестве наполнителей — указанные материалы, получить большое число дисперсионных фильтров типа кристалл — кристалл, максимумы пропускания которых отстоят друг от друга на 0,3—0,5 мкм. Полуширины полос пропускания $\Delta\lambda$ в среднем составляют 1,0—1,5 мкм. Пропускание фильтров в максимуме полосы равно 40—60% и

¹ Это явление называется дисперсией.

² Н. А. Борисевич, В. Г. Верещакгин. Заявка № 718857, 26.XI.1962.

¹ Буква обозначает элемент в периодической системе, а римская цифра — группу, к которой он принадлежит.

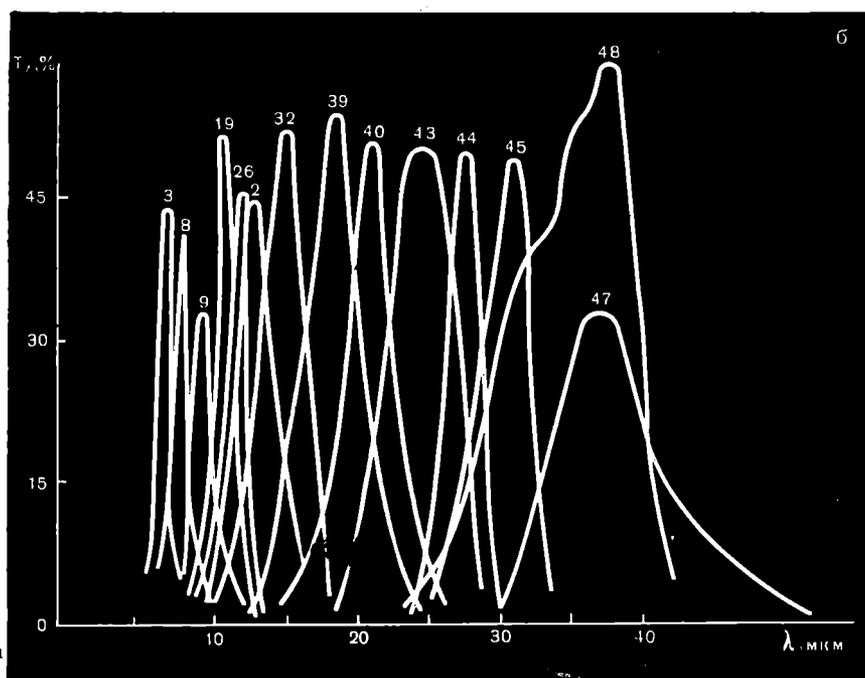
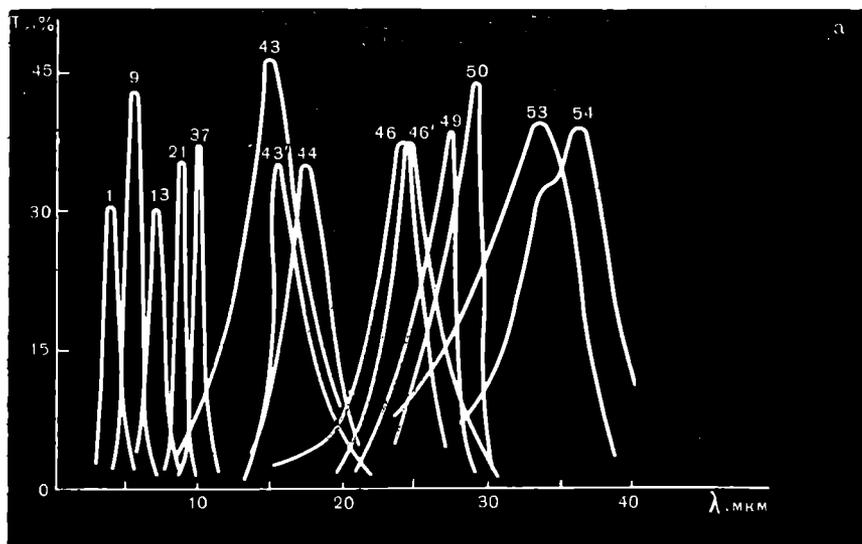


Рис. 3. Полосы пропускания дисперсионных фильтров, обозначаемых различными номерами: а — фильтры кристалл — кристалл и кристалл — полиэтилен; б — фильтры кристалл — воздух.

ограничивается в основном поглощением материалов, используемых в качестве наполнителей.

В области спектра с $\lambda > 20$ мкм при выборе основы для твердого фильтра возникают некоторые трудности. Использование кристаллов KI, AgCl и CsI нежелательно, поскольку разность показателей преломления этих кристаллов и кристаллов-наполнителей становится малой и сильно понижает-

ся контрастность фильтров, особенно в коротковолновой области. Встречаются также трудности при прессовании фильтров. Здесь с успехом можно использовать в качестве основы, кроме KBr, полиэтилен. Всего разработано более 60 твердых дисперсионных фильтров.

Можно получить и порошковые дисперсионные фильтры. Показатели преломления ряда кристаллов в об-

ласти коротковолнового крыла инфракрасных полос поглощения становятся равными 1 и совпадают с показателем преломления воздуха. Например, у карбонатов и сульфатов показатель преломления становится равным 1 в области 5—8 мкм, у вольфраматов и молибдатов — в области 8—11 мкм, у окислов — 7—20 мкм, у кристаллов типа $A^{IV}B^{VI}$ и $A^{III}B^{IV}$ — в области 20—70 мкм, а у щелочно-галогенидных кристаллов эта область простирается от 10 до 100 мкм. Следовательно, порошки таких кристаллов, «взвешенные» в воздухе, будут фильтровать инфракрасное излучение. Такие фильтры мы назвали дисперсионными фильтрами кристалл — воздух.

В нашей лаборатории найдено более 50 систем кристалл — воздух, обладающих фильтрующим эффектом. Разработана технология изготовления дисперсионных фильтров кристалл — воздух с воспроизводимыми полосами пропускания. Однако диспергирующий слой таких фильтров непрочен. Если же его плотно зажать между двумя подложками и герметизировать, такой фильтр можно успешно использовать не только в лабораторных, но и в полевых условиях. Полосы пропускания ряда фильтров кристалл — воздух показаны на рис. 3б.

С помощью дисперсионных фильтров можно продвинуться в далекую инфракрасную область — до 100 мкм. Поскольку λ_0 зависит от дисперсии используемых материалов, равномерного охвата фильтрами всей области спектра от 4 до 100 мкм можно в принципе достичь увеличением набора диспергирующих систем. Однако часто эту задачу решают, применяя в качестве компонент фильтра смешанные кристаллы¹. Причем для твердых фильтров смешанные кристаллы могут служить как основой, так и наполнителем. Известно, что показатель преломления твердого раствора складывается (с определенными коэффициентами) из показателей пре-

¹ Смешанные кристаллы — это кристаллы нестехиометрического (переменного) состава. Получаются при совместной кристаллизации двух и более веществ, близких по химическим и кристаллографическим признакам.

ломления его составляющих. Изменяя концентрацию, можно плавно изменять показатель преломления смешанного кристалла в пределах значения n его отдельных составляющих. Соответственно плавно передвигается полоса пропускания фильтра. Таким образом, используя смешанные кристаллы, можно построить дисперсионные фильтры для ряда областей инфракрасного спектра практически на любую длину волны λ_0 .

На рис. 4 показаны полосы пропускания фильтров, основой которых служат смешанные кристаллы $KBr \cdot KCl$, а наполнителем — MgO . Две крайние кривые (I и V) соответствуют фильтрам с основами из чистых KBr и KCl , три средние — фильтрам, полученным на основе смешанных кристаллов. Из рисунка видно, что полоса пропускания фильтра последовательно сдвигается в длинноволновую сторону по мере уменьшения в смешанном кристалле содержания KBr .

Зависимость полосы пропускания от свойств диспергирующего слоя

Чтобы создать дисперсионные фильтры с оптимальными спектральными характеристиками, нужно было детально изучить рассеяние ими излучения, а также влияние на полосу пропускания толщины диспергирующего слоя, размера частиц, плотности их упаковки и др.

Геометрическая оптика объясняет лишь пропускание диспергирующего слоя в отдельных областях спектра и максимум полосы на длине волны λ_0 , но нельзя, например, понять, почему полуширина полосы пропускания зависит от размера частиц. Теорию дисперсионных фильтров можно построить только на основе представлений волновой оптики. Выполненные, однако, до сих пор расчеты полосы пропускания дисперсионных фильтров лишь качественно согласуются с опытными данными. Дело в том, что теоретическое описание рассеяния излучения дисперсионным фильтром затруднено рядом обстоятельств. В дисперсионном фильтре происходит

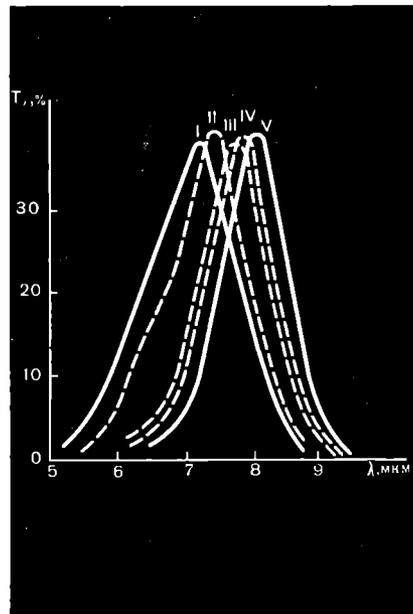


Рис. 4. Полосы пропускания фильтров, состоящих из смешанного кристалла ($KBr \cdot KCl$) и окиси магния (MgO): I — чистый KBr ; II — 25% KCl ; III — 50% KCl ; IV — 75% KCl ; V — чистый KCl .

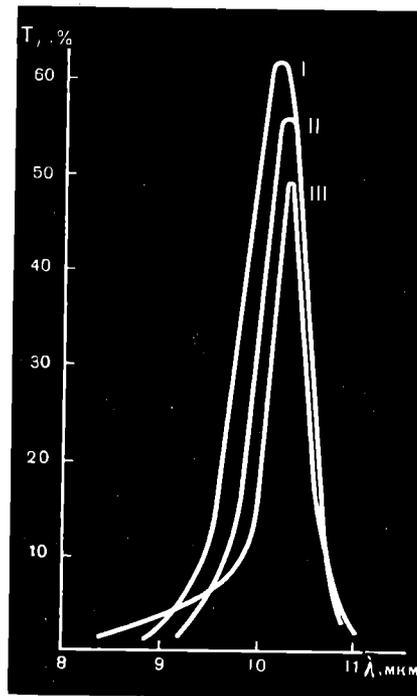


Рис. 5. Зависимость полосы пропускания фильтра $PbMoO_4 - KCl$ от размеров d частиц: I — $d = 1$ мкм; II — $d = 7$ мкм; III — $d = 48$ мкм.

многократное рассеяние, причем в условиях плотной упаковки необходимо учитывать так называемые кооперативные эффекты, т. е. следует учитывать интерференцию полей, рассеянных отдельными частицами, составляющими фильтр. Кроме того, рассеивающая среда обладает дисперсией. В фильтре для инфракрасной области спектра становится существенным поглощение, особенно на длинноволновом крыле полосы пропускания, так как точка пересечения дисперсионных кривых и, следовательно, максимум полосы пропускания фильтра λ_0 обычно попадает в область коротковолнового края полосы поглощения одной из компонент фильтра. По этим же причинам не представляется возможным рассчитать индикатрисы рассеяния фильтров (угловое распределение интенсивности рассеянного излучения).

Увеличение толщины диспергирующего слоя приводит к уменьшению полуширины полосы пропускания фильтра и снижению максимального пропускания за счет того, что одна из его компонент поглощает излучение длин волн, соответствующих длинноволновому краю полосы.

Сильное влияние на контур полосы пропускания фильтров оказывает разница показателей преломления Δn компонент фильтра и скорость ее изменения вблизи λ_0 . Фильтры, у которых Δn больше, имеют меньшую полуширину полосы пропускания $\Delta \lambda$, причем если Δn растет неодинаково быстро с разных сторон от λ_0 , полоса пропускания получается асимметричной.

Для выбранной пары рассеивающих компонент контур полосы пропускания можно значительно изменять, изменяя размер d частиц фильтра. В соответствии с расчетами, чем больше размер частиц, тем уже полоса пропускания (рис. 5). При увеличении размера частиц происходит также уменьшение пропускания фильтра в максимуме и незначительный сдвиг максимума в длинноволновую сторону, что следует связать с ростом поглощения одной из компонент фильтра в области длинноволнового крыла полосы пропускания. Уменьшение полуширины полосы происходит в основном за счет ослабления пропуска-

ния слева от λ_0 , при этом, однако, растет фон на коротковолновом крыле фильтра.

Все эти и другие особенности влияния параметров диспергирующего слоя на полосу пропускания фильтра можно понять, анализируя индикатрисы рассеяния фильтров. Были изучены индикатрисы дисперсионных фильтров для различных Δn , толщин диспергирующего слоя, размера d частиц, для различных соотношений между d и λ .

Здесь приведем лишь индикатрисы рассеяния фильтра $PbMoO_4 - KCl$ ($\lambda_0 \approx 10,3$ мкм), средний размер частиц в диспергирующем слое которого последовательно изменялся от 1 до 48 мкм (рис. 6). Для сравнительно мелких частиц (кривые 1 и 2) индикатрисы сильно вытянуты в направлении назад¹, вперед они диффузные, т. е. близки к окружности. Увеличение размера частиц, когда отношение d/λ становится ~ 10 , приводит к тому, что практически все рассеянное излучение устремляется в направлении падающего луча в узком телесном угле (диаграммы 5 и 6 на рис. 6).

Контрастность фильтра тем меньше, чем большая доля излучения вне полосы пропускания проходит через фильтр в прямом направлении (в том же направлении, что и излучение длины волны λ_0) и попадает на регистрирующее устройство. Идеальным был бы случай, когда практически все падающее излучение длин волн, соответствующих крыльям полосы фильтра, рассеивалось в заднюю полусферу, т. е. индикатрисы были бы вытянуты назад. Практически удовлетворяет случай, если индикатриса сильно вытянута назад, а вперед она диффузна (кривые 1 и 2 на рис. 6). Следовательно, для уменьшения фона фильтра надо изготавливать диспергирующий слой из мелких частиц. Однако с уменьшением размера частиц сильно растет полуширина полосы пропускания (см. рис. 5). Поэтому дисперсионные фильтры, в которых все частицы одного и того же размера, хуже.

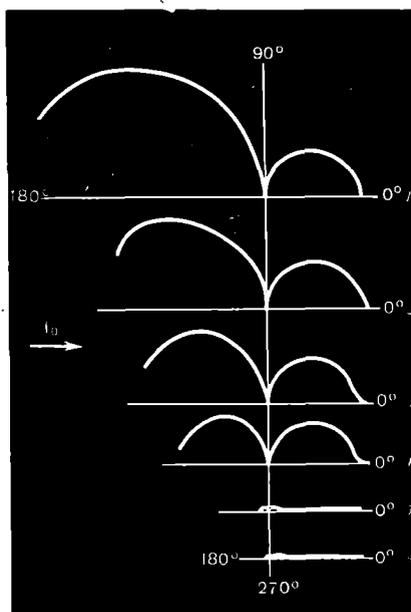


Рис. 6. Индикатрисы фильтра $PbMoO_4 - KCl$ для различных размеров частиц: 1 — $d = 1$ мкм; 2 — $d = 7$ мкм; 3 — $d = 13$ мкм; 4 — $d = 18$ мкм; 5 — $d = 28$ мкм; 6 — $d = 48$ мкм. Индикатрисы получены для излучения гелий-неонового лазера с длиной волны 3,39 мкм. Фильтр установлен перпендикулярно лучу лазера. Вращается приемник излучения вокруг оси, проходящей через плоскость фильтра. За единицу принята интенсивность излучения, прошедшего через фильтр в прямом направлении (угол между падающим лучом I_0 и рассеянным равен 0°).

Фильтры нужно изготавливать послойно из частиц разных размеров. Коротковолновая радиация, которая пройдет, слабо рассеиваясь, через слой из крупных частиц, будет дополнительно рассеиваться на слоях из мелких частиц. Крупные частицы нужно выбирать таких размеров, чтобы рассеяние на них сужало полосу пропускания. Размер мелких частиц определяется спектральной областью устраняемого коротковолнового фона. Длинноволновый фон у дисперсионных фильтров отсутствует, так как одна из компонент фильтра, как правило, в этой области сильно поглощает.

Поскольку фильтрующее действие дисперсионных фильтров основано на рассеянии излучения, следует предполагать существование зависимости спектральной характеристики фильтра

от места фильтра в оптической схеме и от самой конструкции оптической схемы. Вообще говоря, это может служить недостатком или даже препятствием при использовании дисперсионных фильтров для решения некоторых практических задач. Однако, как показали исследования, изменение оптической схемы или места фильтра в ней практически не оказывает влияния на основную часть полосы пропускания — изменяется лишь коротковолновый фон. Величина фоновой радиации, падающей на приемник, будет зависеть от угла зрения, под которым видна приемная площадка детектора излучения из точки наблюдения, расположенной в плоскости рассеивающего слоя фильтра. Анализ показал, что фон фильтров минимальный ($T_\lambda < 0,004\%$), если их использовать в параллельном пучке и в схеме, где источник и приемник расположены на двойном фокусном расстоянии от зеркала, фокусирующего радиацию на приемник. Фильтр не должен располагаться близко к приемнику.

Таким образом, подбирая компоненты фильтра на заданную длину волны максимума пропускания λ_0 , изменяя размер частиц и толщину слоя, правильно располагая фильтр в оптической схеме, можно целенаправленно изменять спектральную характеристику фильтра.

На основании таких исследований нами разработан набор дисперсионных фильтров с оптимальными характеристиками, включающий 30 образцов, полосы пропускания которых последовательно перекрывают область спектра от 4 до 30 мкм.

Стабильность характеристик

Успешному применению наших фильтров в немалой мере способствовала стабильность их спектральных характеристик. При хранении фильтров кристалл — кристалл и кристалл — воздух в лабораторных условиях в течение 8 лет не произошло изменения их пропускания. Дисперсионные фильтры подвергались испытаниям на виброустойчивость при ускорении 10 g в диапазоне частот 10—1500 гц. При этих воздействиях

¹ Направления рассеяния, составляющие с падающим лучом I_0 углы от 90° до 270° , соответствуют направлениям «назад», остальные — «вперед».

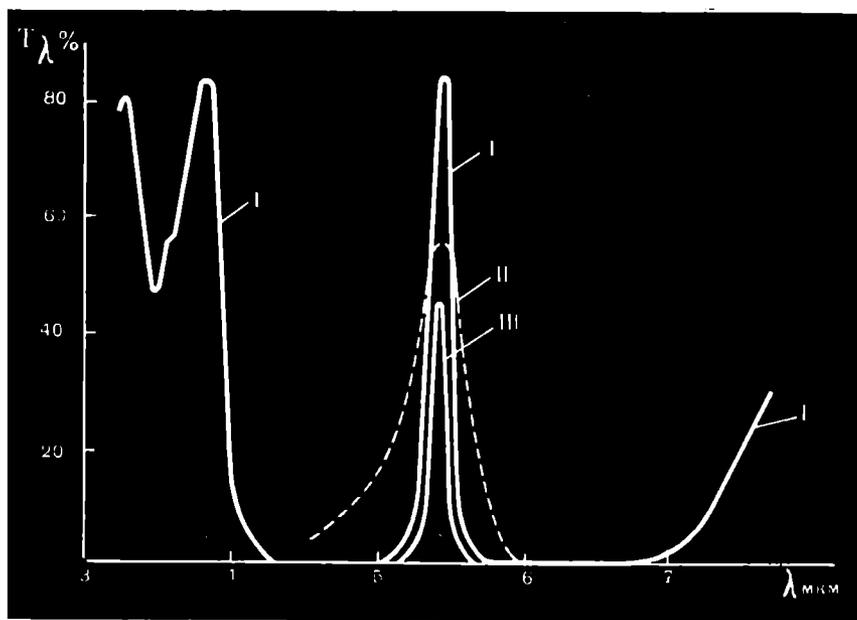


Рис. 7. Кривые пропускания фильтров: I — интерференционного; II — дисперсионного NB — KCl; III — комбинированного дисперсионно-интерференционного.

изменения спектральных характеристик не было зафиксировано. Более прочны, конечно, твердые дисперсионные фильтры, так как диспергирующий слой в них — монолитное целое.

Важная особенность твердых дисперсионных фильтров, отличающая их от фильтров кристалл — жидкость, состоит в независимости спектральной характеристики от температуры при изменении ее в пределах 200°. Практически не влияет температура и на полосы пропускания фильтров кристалл — воздух. Это связано со слабой зависимостью показателя преломления и коэффициента поглощения кристаллов в указанном интервале температур. Значительное влияние температуры на полосы пропускания фильтров кристалл — жидкость обусловлено температурным изменением n и коэффициента поглощения жидкой компоненты.

Комбинированные фильтры

Для решения разнообразных практических задач требуются фильтры с полосами пропускания различной полуширины. В частности, полосы пропускания фильтров для разделения порядков в дифракционных монохроматорах должны быть достаточно

широкими с большой крутизной коротковолнового крыла. Дисперсионные фильтры, обладающие высокой контрастностью, имеют полосу пропускания с небольшой полушириной. Полуширину полосы пропускания можно увеличить за счет уменьшения размера частиц диспергирующего слоя, но при этом крутизна коротковолнового крыла полосы становится малой. Увеличить крутизну полосы пропускания более чем на порядок можно, комбинируя дисперсионный фильтр с пластинкой, дающей в области пропускания фильтра остаточные лучи. Комбинация, например, четырех дисперсионных фильтров с пластинками остаточных лучей позволяет разделить порядки в дифракционном монохроматоре в области 12—50 мкм.

Интерференционные узкополосные элементарные системы можно изготовить с очень малой полушириной полосы и высоким пропусканием в максимуме. Однако побочные полосы прозрачности делают систему практически непригодной в качестве фильтра. Устранение этих полос с помощью дополнительных интерференционных систем отрезающего типа или с помощью адсорбционных фильтров хотя и приводит к желаемому результату, но трудоемко и час-

то снижает пропускание фильтра.

Комбинируя интерференционные элементарные системы с дисперсионными фильтрами, у которых в широкой области спектра нет побочных полос пропускания, можно получить узкополосный фильтр с достаточным пропусканием и высокой контрастностью. Это иллюстрирует рис. 7. Кривая I изображает пропускание девятислойной интерференционной системы. Пропускание в основной полосе достигает 90%, спектральная ширина областей низкого пропускания с коротковолновой и длинноволновой сторон основной полосы интерференционной системы простирается в среднем на 1 мкм. Основную полосу и прилегающие к ней области минимального пропускания можно с успехом перекрыть широкополосным дисперсионным фильтром, имеющим достаточно высокое пропускание в максимуме (кривая II). Максимальное пропускание дисперсионно-интерференционного фильтра (кривая III) остается около 50%, полоса становится еще более узкой, а крылья интерференционной системы отрезаются дисперсионной составляющей с достаточно высокой контрастностью.

Дисперсионный фильтр кристалл — кристалл может служить в качестве подложки для интерференционной пленки. При комбинировании фильтра кристалл — воздух с интерференционной системой ее можно наносить на подложку дисперсионного фильтра.

Дисперсионные фильтры, а также их комбинирование с другими фильтрами открыли новые возможности фильтрации инфракрасной радиации.

Дисперсионные фильтры уже нашли широкое применение в исследовательских лабораториях и при решении ряда практических задач. На основе дисперсионных фильтров строится упрощенная аппаратура для молекулярного анализа, для контроля технологических процессов и т. д. Они используются в приборах для зондирования атмосферы и плазмы, для перестройки частоты инфракрасных квантовых генераторов и при поиске новых сред, способных к генерации в этой области спектра.

Проблемы глобальной тектоники

Л. П. Зоненшайн

Доктор геолого-минералогических наук



Лев Павлович Зоненшайн, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран Министерства геологии СССР. Основной круг интересов связан с проблемами теории геосинклиналей и ее взаимоотношений с новой глобальной тектоникой. Многие годы занимается изучением тектоники различных районов Сибири и Монголии.

Еще не более 10 лет назад созданию единой геологической концепции, способной объяснить происхождение главных структур земных оболочек, уделялось крайне мало внимания. Отошла в прошлое гипотеза контракции, пытавшаяся в начале нашего века связать с охлаждением и сжатием все закономерности формирования лика Земли. Были полностью или почти полностью оставлены яркие мобилистические реконструкции А. Вегенера, предполагавшие горизонтальные перемещения материков. Континенты представлялись некими незыблемыми глыбами, которые вышались над обширными океанами. И при этом считалось, что океаны существуют чуть ли не с самого начала геологической истории Земли, хотя о геологии океанического дна по существу еще ничего не было известно.

Изучая только континенты, геологи привыкли, если так можно сказать, к «вертикальному мышлению» — для них обычным был анализ вертикальной колонны и выявление в ней тех или иных закономерностей в смене комплексов формаций и структур вверх по стратиграфическому разрезу. Выпадало из поля зрения изучение пространственных связей между разнотипными геологическими образованиями, как магматическими, так и структурными. Другими словами, отсутствовало «горизонтальное мышление».

Но вот в последнее десятилетие в геологии разразилась подлинная буря. Это было связано с тем, что геологи наконец-то смогли обратиться к изучению океанического ложа. Многие, на первый взгляд прочно устоявшиеся представления, начали пере-

сматриваться, а во многих случаях и просто отменяться. Началась переоценка ценностей, переосмысление всего накопленного багажа геологических фактов с новых позиций. По утверждению крупного канадского геофизика Т. Вильсона, в геологии сейчас происходит научная революция, соизмеримая даже с коперниковской революцией в понимании строения Солнечной системы. Действительно, взрыв новых идей позволил геологии выйти из узкорегionalных рамок и подняться до рассмотрения явлений в глобальном масштабе.

В последних числах февраля 1972 г. проблемы глобальной тектоники были вынесены на рассмотрение научной сессии Отделения геологии, геофизики и геохимии Академии наук СССР, проходившей под председательством акад. В. И. Смирнова. На ней свои доклады представили ведущие тектонисты нашей страны — В. В. Белоусов, П. Н. Кропоткин и В. Е. Хаин. На этой сессии — и в самих докладах, и в развернувшейся широкой дискуссии — столкнулись мнения сторонников и противников новых тектонических концепций — мобилистов и фиксистов.

Основные положения

Представления о глобальной тектонике родились на основе изучения геологии океанов и, прежде всего, открытия глобальной системы срединно-океанических хребтов с их осевыми рифтовыми долинами. Оказалось, что и хребты, и остальное океаническое ложе сравнительно молоды; они сформированы всего за последние 150—200 млн лет (геологическая история насчитывает 3500—4000 млн

лет). Это привело двух американских ученых — Р. Дитца и недавно умершего Г. Хесса — к мысли, что в пределах срединно-океанических хребтов в результате поступления материала из глубины формируется новая океаническая кора, которая последовательно отодвигается, или «растекается», симметрично в стороны от оси хребтов. Возникла гипотеза «растекания морского дна» (sea floor spreading), или спрединга.

Как писал сам Р. Дитц, эта гипотеза была чисто интуитивной, и она сначала не привлекала особого внимания. Но вскоре были получены подтверждения в виде крайне любопытной интерпретации Ф. Вайном и Д. Мэтьюзом полосовых знакопеременных магнитных аномалий, симметрично расположенных относительно оси срединно-океанического хребта. Эти аномалии служат как бы своеобразной магнитофонной лентой, на которой записаны последовательные внедрения базальтовой магмы, приобретающей строго определенную намагниченность в соответствии с ориентировкой магнитного поля Земли в каждый конкретный интервал времени.

Подкрепление новой концепции совершенно независимо было получено из результатов глубоководного бурения в океанах, когда обнаружилось, что океанические осадки по мере приближения к хребтам, во-первых, сокращаются в мощности и, во-вторых, — и это самое главное — их подошва образована все более и более молодыми слоями.

Все это заставило по-иному взглянуть на жизнь земных оболочек. Необходимо было предположить большую роль горизонтальных движений, причем примерно такого же масштаба, какой в свое время допускал А. Вегенер. Тем самым снова намечился резкий поворот к мобилизму, но на совершенно новой основе.

В 1968 г., главным образом в американском журнале «*Journal of Geophysical Research*» появляется серия статей, где уже в законченном виде дается изложение и обоснование концепции, которая известна под названием «тектоники плит», или «новой глобальной тектоники».

Читатели журнала «Природа» в об-

щем виде уже знакомы с этими новыми идеями¹. Но мы рассмотрим их несколько подробнее.

Если до недавнего времени верхние оболочки Земли разделяли на земную кору и верхнюю мантию, то сейчас в них выделяют литосферу и астеносферу, взаимодействие которых и определяет тектонические процессы на поверхности Земли. Литосфера включает в себя полностью не только земную кору, но и часть верхней мантии примерно до глубины 70—100 км, а глубже мощностью в несколько сот километров идет астеносфера. Литосфера обладает прочностью, в то время как в астеносфере вещество находится в состоянии, близком к точке плавления и способно к перетеканию.

В астеносфере происходит конвекционная или иная циркуляция, которая поддерживается теплом внутренних оболочек Земли. Литосфера в виде жесткой корки реагирует на процессы, происходящие в астеносфере. На большей части Земли литосфера непрерывна. Ее сплошность нарушается лишь в узких поясах, отвечающим трем категориям современных сейсмически (и, следовательно, тектонически) активных зон: срединно-океаническим хребтам, островным дугам и молодым складчатым горным цепям. Активные зоны разбивают литосферу на отдельные жесткие плиты. Каждая такая плита, находясь, например, на вершине конвекционной ячейки, может перемещаться по астеносфере. Континенты в виде айсбергоподобных глыб «впаяны» в литосферу и вместе с ней в виде «пассивных пассажиров» участвуют в движении плит.

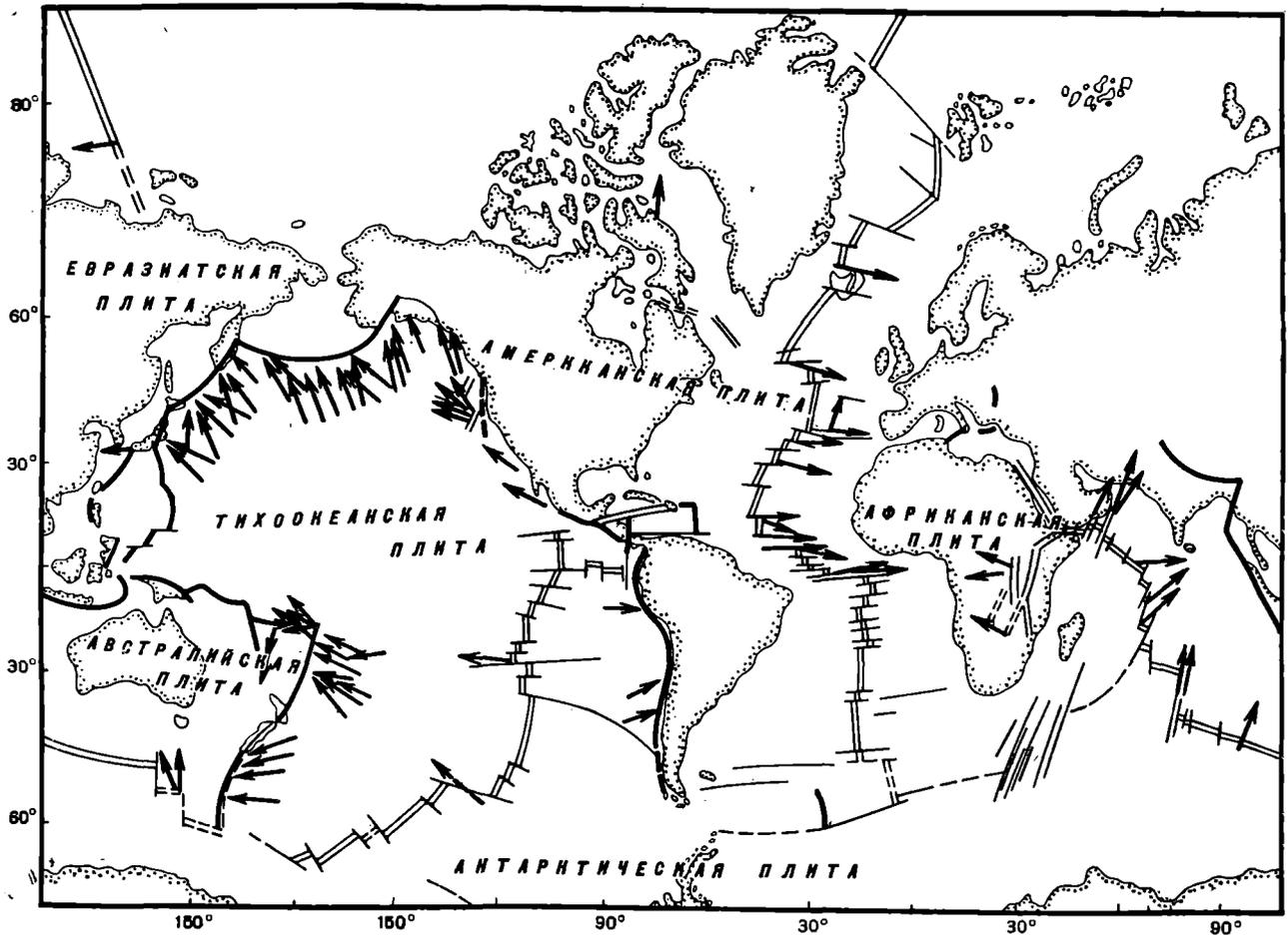
Основной принцип тектоники плит очень прост: расхождение плит в одной зоне вызывает либо уничтожение плит, либо их столкновение — в другой.

В срединно-океанических хребтах рождается новая океаническая литосфера. Именно здесь формируются и расходятся в стороны плиты в результате «растекания морского дна», или спрединга. Сейчас мы знаем, что этим

хребтам свойственны повышенный тепловой поток и интенсивный вулканизм. К ним приурочены полосовые магнитные аномалии. Особенно важно, что в них регистрируются условия растяжения. Прямым указанием на это является характер перемещения по крупным поперечным разломам, которые во многих местах рассекают срединно-океанические хребты (например, разлом Мендосино в Тихом океане или Вема и Романш — в Атлантическом и др.). Эти напоминающие сдвиги разломы выделены в качестве трансформных; по ним в действительности происходит не сдвиг отрезков хребта, а растаскивание блоков от оси хребта в обе стороны от него. Трансформные разломы служат своеобразными рельсами, по которым смежные плиты движутся друг относительно друга.

В островных дугах, точнее, в находящихся перед ними глубоководных желобах, плиты литосферы, как трактует новая глобальная тектоника, погружаются и пододвигаются под смежные плиты; происходит явление, получившее название «тектонического засасывания» (subduction). Об этом как будто говорят такие факты, как отрицательные гравитационные аномалии и низкий тепловой поток над глубоководными желобами, обстановка сжатия и, самое главное, наличие под островными дугами глубоководной сейсмо-фокальной зоны (зоны Беньоффа), уходящей наклонно в сторону континента на глубину до 700 км. Материал, залегающий в этой зоне, обладает аномальными геофизическими свойствами, приближающимися по некоторым особенностям к литосфере океанов. Поэтому предполагается, что плита океанической литосферы изгибается под желобом и «заталкивается», или «засасывается», вниз до глубины 700 км. При таком «засасывании» погружающаяся плита в результате механического трения разогревается, испытывает частичное плавление и от нее отделяется андезитовая магма, питающая вулканы островных дуг и создающая эти дуги. В тех случаях, когда две плиты, в особенности две континентальные плиты, сталкиваются, возникают молодые горно-складчатые сооружения типа Гималаев.

¹ См. статьи В. Е. Хаина («Природа», 1970, № 1, стр. 2) и Ю. М. Пущаровского («Природа», 1972, № 7, стр. 116).



Карта взаимоотношений плит литосферы на поверхности Земли. В тех или иных модификациях она обошла страницы научных журналов многих стран. На ней показаны движения в различных современных активных зонах. Мировая система рифтов обозначена двойной линией; островные дуги — толстой линией; тонкие линии, смещающие рифтовые зоны, отвечают трансформным разломам. Стрелками показано направление горизонтального движения, обнаруживаемое на основании изучения ориентировки напряжений в очагах землетрясений. Активные зоны ограничивают шесть главных плит литосферы: Американскую, Евразийскую, Африканскую, Тихоокеанскую, Австралийскую и Антарктическую. Следуя этой карте, Американская плита, отходящая от Евразийской и Африканской плит в Срединно-Атлантическом хребте, на западе надвигается на Тихоокеанскую, а Тихоокеанская плита пододвигается под Евразийскую и т. д. Растяжение и расхождение плит в одной зоне вызывает сжатие и сближение плит в другой зоне.

Как нетрудно заметить, концепция новой глобальной тектоники отличается большой стройностью и пытается связать воедино общепланетарные структурные элементы. Многими выступавшими в дискуссии на упомянутой выше научной сессии отмечалось, что концепция новой глобальной тектоники представляет собой несомненно крупное научное достижение последних лет. Об этом говорили А. В. Пейве, И. П. Косминская, С. Н. Иванов и др.

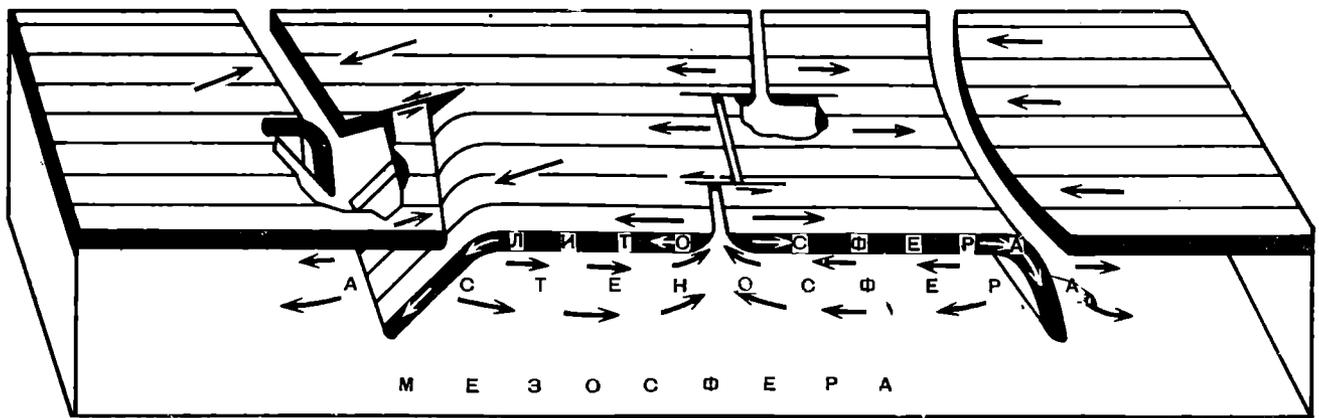
Концепция новой глобальной тектоники включает несколько состав-

ных элементов. Первый такой элемент предусматривает рождение новой океанической литосферы в срединно-океанических хребтах путем механизма спрединга («растекания морского дна»). Вторым элементом можно считать перенос плит литосферы по поверхности астеносферы на самые различные расстояния. Третий элемент связан с погружением, «засасыванием» плит литосферы в глубоководных желобах и образованием всей системы островной дуги с присущим ей андезитовым вулканизмом. Каждый из перечисленных элементов до-

казан в разной степени — один лучше, другой хуже. И критический взгляд исследователя, помимо общей оценки всех новых построений, должен провести четкое различие между теми элементами, которые подтверждаются всей суммой фактов, и теми элементами, которые только предполагаются.

Возражения

Новые идеи очень быстро распространились и почти сразу завоевали умы большого числа зарубежных геологов, что уже само по себе явление



Изображенная здесь блок-диаграмма, по мнению Б. Изакса, Дж. Оливера и Л. Сайкса, лучше всего передает сущность концепции новой глобальной тектоники. Литосфера в виде жесткой плиты перемещается по пластичной астеносфере. Плита астеносферы наращается в срединно-океаническом хребте и погружается обратно в мантию под островными дугами. Стрелки на плите литосферы отмечают относительное движение плит. Стрелки в астеносфере указывают на направление возможных компенсационных течений, возникающих в астеносфере в результате погружения литосферы. На левом краю рисунка изображен трансформный разлом, соединяющий две островные дуги.

необычное в развитии науки. Но это еще не означает победы новых глобальных идей. Те ученые, которые придерживаются представлений об отсутствии горизонтальных перемещений и о распространении энергии вещества только в вертикальном направлении вдоль радиусов Земли (фиксисты), отнюдь не сдали своих позиций и подвергают новую гипотезу развернутой критике (как в нашей, так и в зарубежной печати). На научной сессии Отделения с ее критикой выступил В. В. Белоусов.

В. В. Белоусов указывает, что природе полосовых магнитных аномалий срединно-океанических хребтов еще нельзя считать расшифрованной. Возможно, аномалии обусловлены более или менее симметричным растеканием базальтов из одного центра, но на сокращающиеся с течением времени расстояния. Крайне трудно, по мнению В. В. Белоусова, объяснить одновременное раскрытие и «растекание» дна Атлантического и Индийского океанов, при котором плиты должны были двигаться навстречу друг другу и сталкиваться в районе Африки. Но в Африке вместо грандиозного скупивания материала присутствует, напротив, система узких рифтовых впадин Великих африканских озер, и она находится в обстановке не сжатия, а растяжения. Следовательно, в противоположные стороны должны отодвигаться сами

хребты, т. е. сами центры тектонической активности. По остроумному выражению докладчика, получается так, что если из трубы идет дым и упирается в стенку, то труба должна уходить от этой стенки. Плохо поддается объяснению картина в районе Алеутской островной дуги, где срединно-океанический хребет как бы ныряет под глубоководный желоб.

Очень трудно представить себе, каким образом плиты литосферы, в общем-то очень тонкие по сравнению с мощностью всей земной мантии, способны без деформации двигаться на громадные расстояния и передавать на эти расстояния напряжения, которые в глубоководных желобах приводят к погружению плит. Совершенно неясно, как происходит само это поглощение плит мантией, тем более, что в желобах, как установлено, нет больших масс сгруженных и сильно деформированных осадков. Во многих частях океана выявляются следы молодых опусканий, а местами в осадках теперешнего океанического ложа обнаружены породы, формировавшиеся в мелководных условиях. В целом вся гипотеза оценивается В. В. Белоусовым, как довольно успешное обобщение еще недостаточного количества данных.

С полным правом, по мнению ученого, могут предлагаться и другие решения, основанные на прежней, фиксистской интерпретации материа-

лов. В особенности большое значение должно придаваться базификации, или океанизации, «гранитной» (сиалической) коры прошлых континентов. Этот процесс представляется в виде поглощения и полной переработки сиалического вещества при внедрении в него больших масс сравнительно разуплотненного (легкого) глубинного материала основного состава — мантийных диапиров. Таким образом могли возникнуть молодые океанические пространства. Тектонический процесс на поверхности Земли — его интенсивность и форма проявления — должен при данной трактовке зависеть от степени проницаемости коры. Если эта проницаемость распределена на широкой площади, то происходит насыщение коры магмой основного состава и океанизация этой коры с усиленным погружением и образованием глубоких геосинклинальных прогибов. В тех случаях, когда проницаемость является сосредоточенной и не может способствовать переработке коры под воздействием глубинного вещества, преобладает поднятие земной поверхности с образованием сильно расчлененного рельефа или возникает, как говорят геологи, орогенные условия. Могут быть и такие участки, как платформы, которые обладают непроницаемой корой и поэтому отличаются стабильностью.

Легко усмотреть, что, согласно этим представлениям, все разнообразие

тектонических процессов, преобразующих лик Земли, по существу обусловлено лишь особенностями строения самой внешней ее оболочки, которую стремятся взломать однообразные мантийные диапиры. Как думается, вряд ли эти построения могут служить альтернативой, заменяющей тектонику плит.

С точки зрения петрологии и геохимии, новая глобальная тектоника также иногда ставится под сомнение. Например, Ю. М. Шейнманн, известный своими работами по теории геосинклиналей и связи тектонических процессов и магматизма, обратил внимание на то, что толеитовые базальты срединно-океанических хребтов содержат калия ничтожно мало (первые десятки процента) по сравнению с концентрацией этого элемента (многие десятки и первые проценты) в базальтовых породах островных дуг и геосинклинальных областей. В соответствии с тектоникой плит вулканизм островных дуг обусловлен частичным плавлением погружающейся океанической плиты литосферы, первоначально созданной в срединно-океаническом хребте, и трудно предположить, что обогащенные калием лавы возникли за счет пород, обедненных им.

Многие исследователи считают, что сам движущий механизм тектоники плит остается по существу неизвестным, обычно предполагаемые конвекционные течения в астеносфере по существу не доказаны. Например, Е. В. Артюшков во многих своих публикациях, а также в выступлении на научной сессии Отделения, доказывает возможность совсем иного процесса, который предусматривает глубинную гравитационную дифференцию вещества и подъем более легкой компоненты вверх. Такой механизм сам по себе не может исключить возможность горизонтального растекания вещества в верхних оболочках Земли, но накладывает на него определенное ограничение. По расчетам Е. В. Артюшкова, напряжения, необходимые для движения плит и «заталкивания» их в мантию, должны быть очень большими, а источник их пока совершенно неясен.

Наиболее существенные и обоснованные возражения вызывает меха-

низм так называемого тектонического «засасывания» плиты литосферы в мантию и связанное с этим возникновение системы островной дуги. Именно здесь видно, что конвейерная схема новой глобальной тектоники нуждается в дальнейших коррективах. Даже крайние сторонники тектоники плит признают, что им неясно, то ли плиты затягиваются под глубоководные желоба откуда-то снизу, то ли они туда затапливаются, то ли проникают вниз в ходе волочения на нисходящих ветвях конвекционного потока.

Представление о засасывании возникло первоначально из анализа сейсмических данных. И действительно, механическое погружение плиты может служить причиной резко повышенной сейсмичности островных дуг. Но островные дуги обладают, кроме того, и рядом других важных свойств — для них примечателен высокий тепловой поток, аномалии которого приурочены как к зонам вулканизма, так и к окраинным морям, типа Японского, находящихся в тыловой части островных дуг.

Практически не доказано, что повышенный тепловой поток и вулканизм вызываются, как считают приверженцы тектоники плит, разогревом погружающейся плиты в результате механического трения и ее частичного плавления. Более того, если хоть как-то тектоникой плит и можно объяснить аномалию теплового потока, приуроченную к вулканическим дугам, то она не вскрывает причины повышенного теплового потока окраинных морей — это было убедительно показано в работах ряда исследователей.

В последние два-три года получены крайне интересные данные о том, что океаническая кора окраинных (а также средиземных) морей является новообразованной и возникла в результате процесса, близкого к спредингу в срединно-океанических хребтах. Необходимо было связать воедино особенности строения островных дуг с глубинными процессами и тектоникой плит. Одни исследователи предполагают рождение мантийного диапира, который образуется при расплавлении погружающейся плиты и выходит наверх в пределах окраинных морей,

другие — реконструируют встречный (к направлению погружения плиты) поток вещества, также поднимающийся в окраинных морях. Предлагаются и другие решения.

Различные возражения можно было бы продолжить, но лучше посмотреть, каково соотношение тектоники плит и данных континентальной геологии, в особенности учения о геосинклиналях.

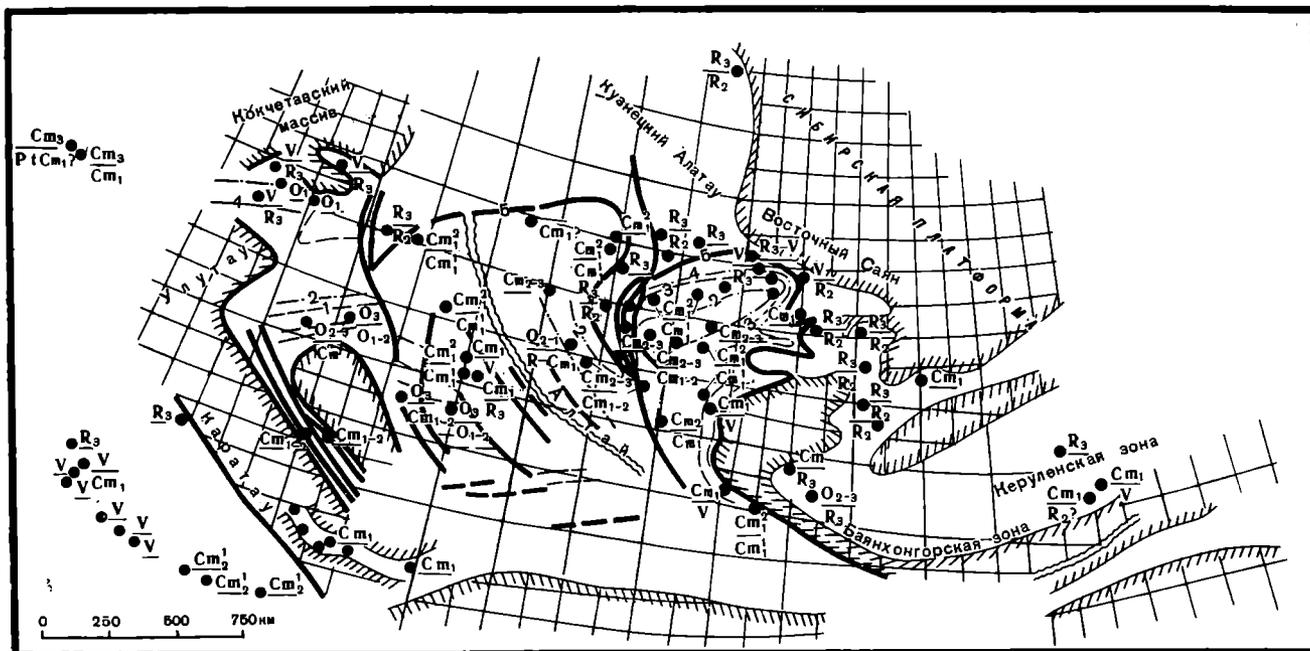
Учение о геосинклиналях или тектоника плит?

Если континенты, как уже говорилось, лишь «пассивные пассажиры» на поверхности движущихся плит, то какое отношение к их развитию и внутреннему строению может иметь тектоника плит, базирующаяся главным образом на материалах по геологии океанов?

Оказалось, что существует прямой мостик, связующий между собой явления, которые наблюдаются в океаническом ложе и фиксируются на континентах. Этот мостик возник, как следствие одного крупного открытия, сделанного также в последнее десятилетие.

Обязательной составной частью геосинклинальных складчатых поясов континентов являются так называемые эвгеосинклинальные зоны (центры или оси тектонической и магматической активности). Для них наиболее примечательна офиолитовая ассоциация горных пород. Это — серии подводных лав спилит-базальтового состава, тела ультраосновных пород (гипербазитов и габбро), а также толщи кремнистых осадков, формировавшихся в глубоководных условиях. Но почти такая же ассоциация пород обнаружена и в океанах¹ — в пределах срединно-океанических хребтов и в меньшей мере на приостровных крутых склонах глубоководных желобов. Это позволило одновременно нескольким геологам сделать вывод: в эвгеосинклинальных зонах в виде офиолитовой ассоциации мы встречаемся с остатками океанической коры геологического прошлого, и тем са-

¹ А. В. Пей в е. Океаническая кора геологического прошлого, «Геотектоника», 1969, № 6, стр. 3.



В центре Азиатского материка, на месте современного Казахстана, Алтая, Саян, Монголии, 1000—500 млн лет назад существовал не континент, а Азиатский палеоокеан. На этой схеме дана его реконструкция. Максимальные размеры палеоокеана составляли 3000×1000 км². По его краям располагались континентальные блоки Сибирской платформы и запада Центрального Казахстана. Черные кружки — выходы на поверхность пород офиолитовой ассоциации, или, что то же самое, остатков древнего океанического ложа. Возраст офиолитов показан в виде дроби, числитель которой означает время накопления осадков, перекрывающих офиолиты, а знаменатель — возраст самих офиолитов. Ориентируясь на эти данные, на схеме проведены линии одинакового возраста офиолитовой ассоциации (океанического ложа), из можно интерпретировать в качестве изотрон «растекания морского дна», спрединга. Изотроны очерчивают оси спрединга — аналоги современных срединно-океанических хребтов. За пределами площади, очерченной толстой линией, располагаются наиболее древние участки Азиатского палеоокеана, существовавшие 1000 млн лет назад, тогда как внутри этой линии заключено океаническое пространство, раскрывшееся в интервале от 1000 до 500 млн лет назад. Двойная зигзагообразная линия в середине схемы отмечает положение зоны, вдоль которой в среднем палеозое (450—300 млн лет назад) возникли новые океанические бассейны.

мы по распространению офиолитов можно реставрировать прежние океанические бассейны. Его не оспаривают даже противники новой глобальной тектоники.

Правда, нет никакого единства мнений о природе этих бассейнов. В частности, неясно, являлись ли прошлые океанические бассейны остатками первичных океанических пространств, соизмеримых с современными океанами, или они были новообразованными, возникли в результате раздвижения континентальных блоков и представляют собой аналоги современных окраинных и срединных морей; обладали ли они всеми свойствами современных океанов или были специфическими образованиями и т. д. Но эти расхождения во взглядах не влияют на принципиальный вывод, что внутри нынешних континентов раньше существовали океанические бассейны. Раз так, то в них

должны обнаруживаться события, обусловленные действием механизма новой глобальной тектоники. Следовательно, исследование таких зон, возникших на месте прежних океанических бассейнов, может служить пробным камнем для новых концепций.

Кроме того, в тех же геосинклинальных складчатых поясах широким распространением пользуются вулканические серии андезитового состава, обычно тесно переплетающиеся с обломочными, песчано-алевритовыми накоплениями. Как правило, этот комплекс пород залегает выше офиолитовой ассоциации и формировался, очевидно, на океаническом ложе. Андезитовые вулканические серии геосинклиналей давно уже справедливо сопоставляются с вулканическими накоплениями современных островных дуг. Тем самым в геосинклиналях на определенной, как говорят, зрелой

стадии их развития удается реставрировать прошлые системы островных дуг. А как мы видели, островные дуги являются одним из главных элементов, рассматриваемых новой глобальной тектоникой: это те участки, где плиты литосферы поглощаются более нижними слоями мантии. Значит, и в данном случае у континентальной геологии в руках находится мощное оружие для апробаций новых концепций.

В последние два-три года уже усиленно предпринимаются попытки связать воедино континентальную геологию с океанической, учение о геосинклиналях с тектоникой плит. Во многих работах содержится интерпретация строения и развития геосинклинальных складчатых областей с позиций новой глобальной тектоники, в ее, так сказать, ортодоксальном выражении.

В соответствии с представлениями

этих исследователей, геосинклинали отвечают либо тем участкам, в которых плиты литосферы погружаются и поддвигаются под смежные плиты, либо тем зонам, в которых происходит столкновение двух плит литосферы. В соответствии с этим, выделяются разные типы складчатых сооружений (орогенов): андийский, гималайский, островных дуг и пр. Созидательная, конструктивная роль геосинклинали процесса в данном случае полностью отрицается, так как практически все события обусловлены чисто механическим воздействием переднего края плиты, движущейся от срединно-океанического хребта на смежные части других плит без какого-либо привноса энергии и вещества из глубинных слоев Земли. Складчатые зоны представляются совокупностью конвергентных структур, возникших в разных условиях. В связи с этим раздаются голоса, что теория геосинклиналей должна быть полностью оставлена и заменена тектоникой плит. Проведенный здесь анализ материалов по геосинклинальным областям не позволяет присоединиться к этой крайней точке зрения.

Несмотря на то что геосинклинальные складчатые области необычайно разнообразны, все они содержат в своей основе один и тот же главный и общий элемент — упомянутые выше эвгеосинклинальные зоны — и обладают примерно одной и той же направленностью развития. Следовательно, не приходится говорить ни о каком случайном совпадении строения разных складчатых областей.

Направленность развития хорошо видна хотя бы из того, что в тектонической эволюции эвгеосинклинальных зон четко обособливаются две стадии: начальная, или, как ее сейчас иногда называют, океаническая, в ходе которой формируется офиолитовая ассоциация (она отвечает океанической коре геологического прошлого), и зрелая, или андезитовая, стадия, для которой характерно образование комплексов вулканических и осадочных пород, подобных островным дугам. Развитие завершается складчатостью, внедрением гранитов и интенсивным метаморфизмом.

На протяжении всей жизни эвгеосинклиналей (да и геосинклинальных

областей вообще) в их пределах в поверхностные части Земли поступают громадные массы магматических пород, причем для большинства из них доказывается глубинное, мантийное происхождение. Столь же большой была и выносимая наверх энергия, о чем можно судить хотя бы по тем же магматическим проявлениям, а также по региональному метаморфизму пород. Эвгеосинклинальные зоны можно рассматривать в виде каналов, связующих поверхностные явления с глубинными. Геофизические данные подтверждают глубинную природу эвгеосинклинальных зон, показывая, что они уходят своими корнями по крайней мере в верхние горизонты мантии. Вдоль этих каналов на поверхность поступают вещество и энергия из мантии, причем можно утверждать, что в начальной стадии формируется океаническая кора, а в более поздние — континентальная. Следовательно, сущность геосинклинального процесса заключается в создании новой коры континентов.

Но такая трактовка эвгеосинклинальных зон находится в противоречии с положениями новой глобальной тектоники, по которым геосинклинальные складчатые сооружения отвечают тем участкам, где плиты литосферы разрушаются.

Вместе с тем в геосинклинальных областях удается реставрировать целый ряд явлений, хорошо согласующихся с отдельными положениями новейшей концепции. Замечено, что образование офиолитовой ассоциации эвгеосинклинальных зон происходит не одновременно на всей площади этих зон: в отдельных участках несколько раньше, в других несколько позже. Например, в герцинской (средний палеозой) эвгеосинклинальной зоне Южной Монголии офиолитовая ассоциация в одних местах формировалась в раннем силуре, в других — в позднем силуре, в третьих — в первой половине девона. В каледонских эвгеосинклинальных зонах Центрального Казахстана выделяется несколько разновозрастных офиолитовых ассоциаций: позднегерцинская, кембрийская, раннеордовикская. Самое любопытное то, что эти одинаковые по составу, но разновозрастные комплексы распределены на площади

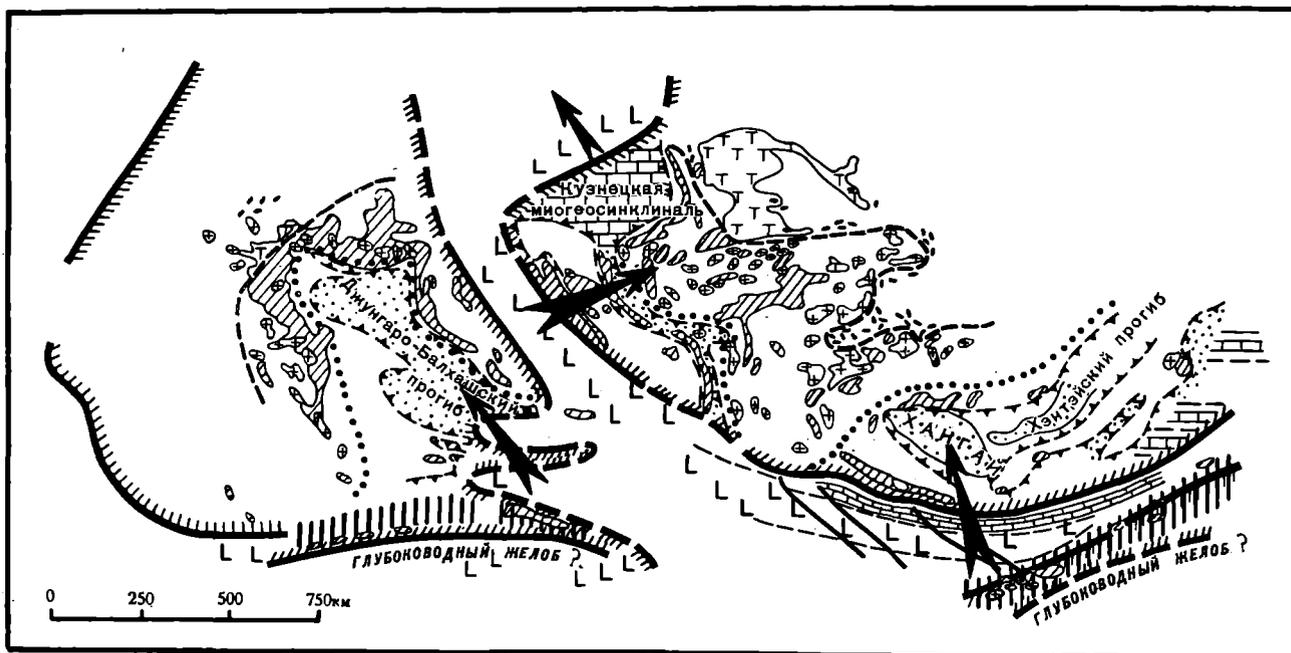
эвгеосинклинальных зон не беспорядочно, а строго закономерно, последовательно омолаживаясь от краев к их центру. Такое распределение пород офиолитовой ассоциации, которая, как говорилось, фиксирует океаническое ложе, практически аналогично омоложению ложа современных океанов по мере движения от склонов срединно-океанического хребта к его осевой рифтовой долине. Очевидно, и прошлые океанические бассейны, восстановленные по распространению офиолитов, возникли в ходе «растекания» морского дна и в них существовали какие-то оси этого «растекания». Значит, материалы по геосинклинальным областям подтверждают ту часть концепции новой глобальной тектоники, которая предусматривает новообразование океанической коры и «растекание» ее в стороны от каких-то центров.

Главный принцип тектоники плит действует и в ходе развития геосинклинальных областей. Давно уже выявлена примечательная асинхронность в развитии разных геосинклиналей даже внутри одного складчатого пояса: одновременно с формированием в одних зонах офиолитовой ассоциации, другие зоны подвергаются складчатости и внедрению гранитов¹.

Следовательно, растяжение литосферы и новообразование океанических бассейнов в одних местах вызывают сжатие и закрытие более древних таких бассейнов в других местах.

Выявлено, что по мере удаления от эвгеосинклинальных зон в узких интервалах геологического времени наблюдается строго закономерная смена состава магматизма и одних структурных элементов другими. В тех же палеозойских сооружениях Монголии и Казахстана в девонское время

¹ Сошлемся опять на пример Монголии и Казахстана: максимальная вспышка офиолитового магматизма в герцинских эвгеосинклинальных зонах относится к силуре, но к тому же самому времени приурочена каледонская складчатость обширных территорий, прилегающих к герцинским эвгеосинклиналям. Окончанию геосинклинального развития и складчатости герцинид в середине карбона по времени точно отвечает заложение новых геосинклиналей по восточной окраине Азии.



Палеотектоническая обстановка середины девонского периода (около 400 млн лет назад) хорошо передает взаимосвязь событий, идущих во вновь образованных океанических (эвгеосинклинальных) бассейнах и в прилегающих частях континентов. Жирная линия очерчивает два континента: Сибирский на востоке и Казахстанский на западе. Внутри океанических бассейнов — Южно-Монгольского, Джунгарского, Иртыш-Зайсанского и Западно-Сибирского — в это время в осях спрединга продолжался офиолитовый магматизм. С юга, с внешней стороны, Южно-Монгольский и Джунгарский бассейны обрамлялись вулканическими островными дугами, перед которыми вытягивались глубоководные желоба. По другую сторону бассейнов, уже на континентах, в тот же отрезок времени образовывались местами глубокие геосинклинальные прогибы и шли интенсивные наземные вулканические извержения. В более глубокие части коры внедрялись гранитоидные интрузии. Линия точек на стеме — или гранитный фронт — отмечает появление гранитных интрузий; за пунктирной линией — или щелочным фронтом — распространены интрузии щелочных пород и излияния лав щелочного состава. Крупные стрелки показывают распространение тектонической и магматической активности. Они наклонены в основном от океанических бассейнов под континент. Предполагается, что эти стрелки отражают расположение и наклон древних глубинных сейсмо-фокальных зон, или зон БендOFFа, которые столь типичны для современных систем островных дуг. Вся обстановка близка к той, которая наблюдается в современных окраинных и средиземных океанических бассейнах (на стеме также показаны положение шельфовых бассейнов, барьерные рифы и др.).

на месте эвгеосинклинальных зон вырисовывается несколько океанических бассейнов. Все они обрамлялись с одной стороны вулканическими дугами с андезитовым вулканизмом, а с другой — обширными тыловыми областями с глубокими эпиконтинентальными прогибами геосинклинального типа и с развитием вулканизма кислого и среднего состава, а также гранитов. По наиболее дальней периферии оконтуривается полоса проявления щелочного магматизма как в вулканическом, так и интрузивном выражении. Подобная структурно-магматическая зональность подчеркнута уже давно, в частности, неоднократно упоминалась для мезокайнозойской истории Востока Азии. Но в последние

годы значение ее недоучитывалось или просто отрицалось, вероятно потому, что геологи не могли найти реального объяснения для этой зональности.

То, что было сказано о геосинклиналях, необходимо учитывать в глобальных построениях. Геосинклинальные области представляются аналогами систем островных дуг и средиземных морей. В то же время геосинклинали, подобно срединно-океаническим хребтам, являются центрами создания коры, а не ее разрушения, как должно бы быть, если слепо следовать за конвейерной схемой глобальной тектоники и представлением о «засасывании».

В то же время многие важные по-

ложения новых концепций — явление «растекания» морского дна с раскрытием и образованием новых океанических бассейнов, возможность горизонтального перемещения плит литосферы на каком-то интервале расстояния, общая взаимосвязь процессов растяжения и сжатия — все это находит подтверждение в материалах по геосинклинальным областям. Можно уверенно сказать, что учение о геосинклиналях и тектоника плит не исключают, а дополняют и взаимно корректируют друг друга.

Перспективы

Новая глобальная тектоника дала мощный толчок развитию геологической науки. Она произвела подлин-

ный — и, думаю, нечего бояться этого слова — революционный переворот в геологическом мышлении.

Принимая или не принимая эту концепцию в целом, допуская справедливость всех или лишь отдельных ее сторон, сейчас исследователь не может оперировать лишь старыми схемами. В. Е. Хаин подчеркнул в своем докладе, что любая вновь предлагаемая или модифицированная прежняя модель развития оболочек Земли — и общая, и частная — должна быть динамической, в ней на первом месте должно находиться выявление взаимосвязей процессов, происходящих одновременно на обширных участках поверхности и недр Земли. Но для этого необходимо коренным образом перестраивать наше мышление, уметь выходить за рамки прежнего, чисто «вертикального» анализа и узко регионального восприятия материалов.

Мало этого, такая модель должна быть и разносторонней, должна учитывать данные всех наук о Земле —

тектоники, геофизики, петрологии, геохимии и т. д. И если в предшествующие годы мы были свидетелями того, как эти науки постепенно расщеплялись и отдалялись друг от друга, то сейчас на наших глазах осуществляется обратный процесс их синтеза на высшем уровне. И это очень отрадно, так как он, бесспорно, приближает нас к созданию единой геологической концепции.

Мы видели также, что новую глобальную тектонику отнюдь нельзя считать вполне совершенной и законченной теорией. Она вовсе не является абсолютной истиной, уже все объяснившей и окончательно решившей все проблемы. Напротив, целый ряд ее положений приходит в противоречие с существующими данными и многими новыми фактами. Постоянно идет поток новых сведений, доставляющих новые загадки и требующих объяснений. То на дне Тирренского моря обнаруживаются выходы метаморфических пород и гранитов, то в океанических впадинах вскрываются

глубоко погруженные мелководные осадки, то встречаются какие-то неясной природы осколки древних образований чуть ли не в центре срединно-океанических хребтов и т. д. А все эти данные не вписываются так просто в общую схему новой глобальной тектоники. Так что поле научной деятельности остается пока еще необозримым. Много нового мы уже узнали, но значительно больше еще предстоит узнать. Мы, безусловно, стоим на пороге многих крупных открытий. Но геологу, если он хочет внести свой вклад в разработку теории, теперь необходимо овладевать, и зачастую заново, смежными отраслями геологических знаний, иначе он рискует остаться на позициях вчерашнего дня. В связи с этим на научной сессии Отделения речь шла и о необходимости внесенных существенных дополнений в постановку геологического образования в вузах страны, чтобы готовить специалистов на современном уровне развития науки.

УДК 551.24.

Читайте в № 12 журнала «Природа»

Наука Советского Союза за 50 лет. А. С. Федоров

Сверхузкие спектральные линии. Н. Г. Басов, Э. М. Беленов

Как умножить биологические ресурсы Каспия. Ю. Ю. Марти

Биологическая сварка и резка тканей. В. А. Поляков, Г. А. Николаев, М. В. Волков

Парадоксы мелиорации Белорусского Полесья. В. Н. Киселев

Новая историческая общность — советский народ. В. В. Покшишевский

Популярное географическое описание нашей Родины. Л. С. Абрамов

Ледовый запас Казахстана

П. А. Черкасов, Е. Н. Вилесов
Кандидаты географических наук



Петр Александрович Черкасов, старший научный сотрудник сектора физической географии АН КазССР. Занимается исследованиями ледников Казахстана, вопросами взаимосвязи рельефа и оледенения, баланса ледников и их роли в питании горных рек.



Евгений Николаевич Вилесов, старший научный сотрудник сектора физической географии АН КазССР. Занимается исследованиями теплового режима горных ледников, механизма формирования стока в горно-ледниковых бассейнах.

На территории нашей страны расположено несколько крупных районов современного оледенения. В Казахстане они располагаются в горах, опоясывающих юго-восток республики. Здесь, в горных ледниках, берут начало полноводные реки — важнейшие источники воды и гидроэнергии.

Бурный технический прогресс страны тесно связан с наличием пресной воды, так как нет ни одной отрасли промышленности, где в том или ином виде не использовалась бы вода. И сельское хозяйство страны (особенно южных ее районов), несмотря на ряд мелиоративных и агротехнических мероприятий, все еще в значительной степени зависит от капризов природы, особенно режима осадков.

Планирование хозяйства в предгорных территориях связано с достаточно устойчивым стоком рек, зависящим от таяния горных ледников. Даже в самые неблагоприятные по режиму осадков засушливые годы ледники, обладая значительными запасами массы, обеспечивают достаточно устойчивый сток питаемых ими рек. Ледники можно рассматривать как «аварийный» резерв воды и естественный регулятор водности рек, созданный самой природой. Поэтому в интересах народного хозяйства совершенно необходимо знать запасы воды, заключенной в ледниках. Не случайно, по постановлению Верховного Совета СССР, горные ледники теперь включены в единый государственный водный фонд. Подсчет ледового запаса горных ледников и прогноз его изменений во времени возможны лишь при изучении размеров оледенения и режима ледников. Между тем для многих районов таких данных до по-

следнего времени почти не было.

Подсчитать запасы ледников — задача сегодняшнего дня. Но, кроме того, есть и другие проблемы, связанные с долгосрочным прогнозом изменчивости общей увлажненности территории. В ходе многолетних работ по исследованию вещественного баланса ледников стало известно, что со временем он меняется: ледники то наступают, то отступают, то какое-то время находятся в стационарном состоянии. А так как ледники являются своего рода «барометрами» климата, через знание процессов их жизнедеятельности, режима их естественного массообмена можно подойти к решению проблемы долгосрочного прогнозирования изменения ряда элементов климата (увлажненности, температуры воздуха), а в связи с этим — к планированию некоторых отраслей народного хозяйства, тесно связанных с ними.

Гляциологи многих стран мира заняты решением этих вопросов по Международной программе, изучающей колебания режима ледников Земли, и по Программе Международного гидрологического десятилетия.

География казахстанских ледников

Исследования ледников в Казахстане проводятся с начала нашего столетия. Тем не менее о их географии и размерах мы знали немного. Еще 10 лет назад наши представления о запасах льда в горных ледниках были ориентировочными. В первую очередь это было связано с труднодо-

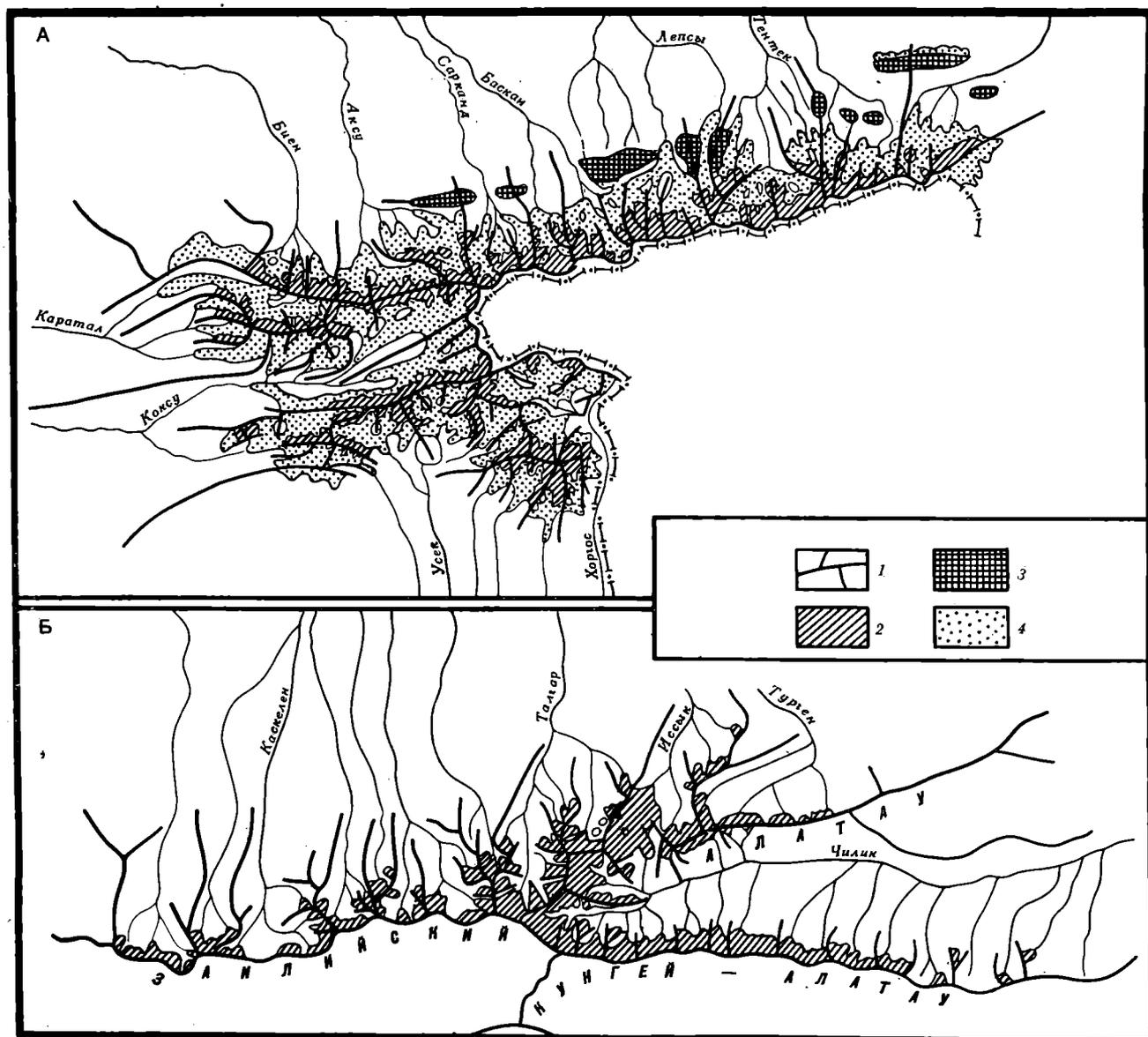


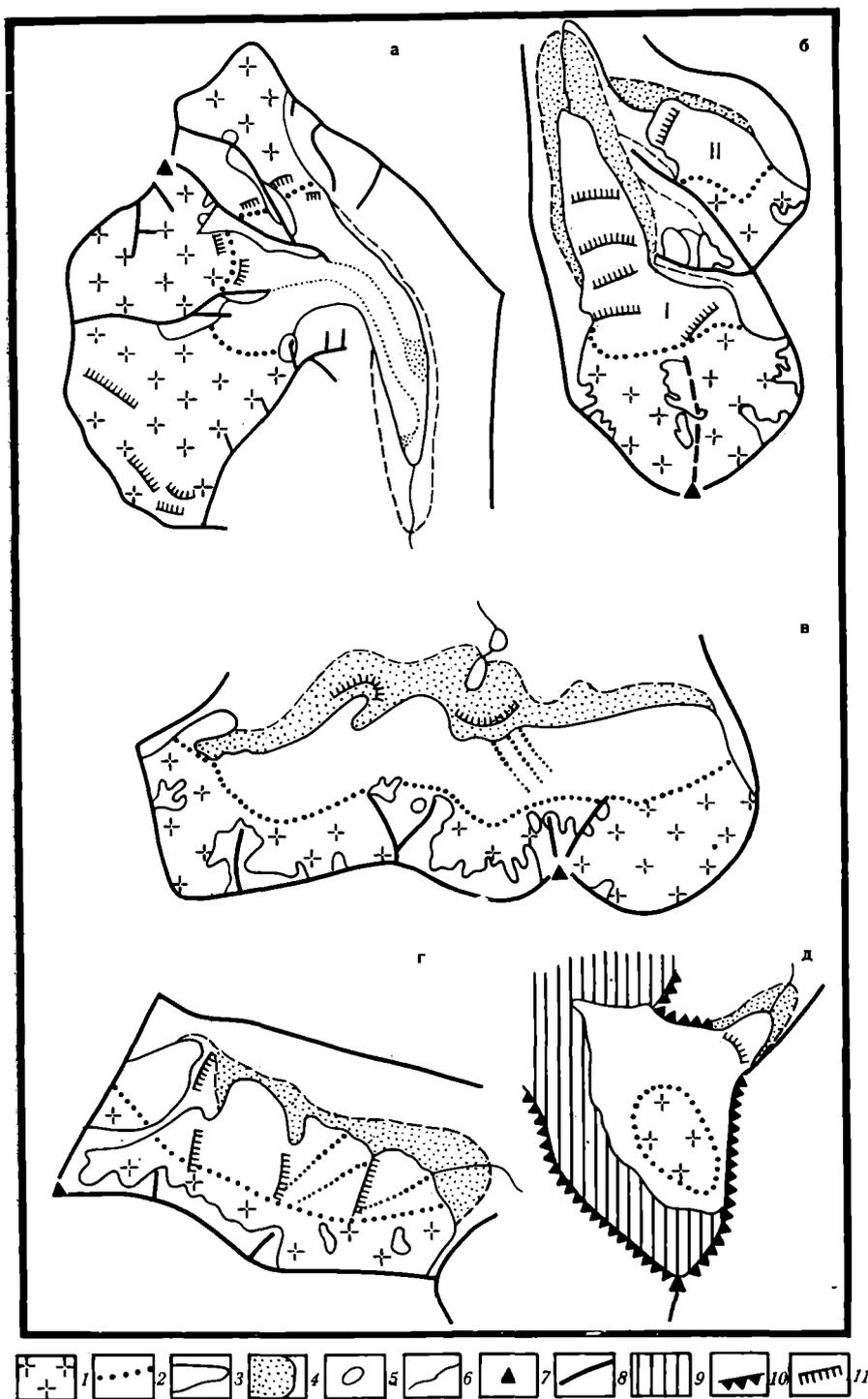
Схема современного и верхнечетвертичного оледенения Джунгарского Алатау (А) и современного оледенения Зайлийского Алатау и Кунгей-Алатау (Б). 1 — хребты; 2 — современные ледники; 3 — древние ледники на пемеплантах; 4 — древние ледники в долинах. Современные ледники — это регрессивная фаза развития верхнечетвертичного оледенения. Десять — двенадцать тысяч лет назад общая площадь оледенения Джунгарского Алатау была в 5,8 раза больше, чем теперь.

ступностью ледников. Ведь даже добравшись до них, сложно определить их площадь и объем, длительное время жить на ледниках, ежедневно, в любую погоду проводить большой комплекс наблюдений.

Только когда перед гляциологами СССР была поставлена задача произвести «инвентаризацию» ледников страны с привлечением новейшей съемочной аппаратуры и материалов

аэрофотосъемки, стало возможным осуществить это трудоемкое дело. Работы проводились гляциологами Академии наук КазССР и Института географии АН СССР в течение ряда лет. Теперь они завершены: написано 14 томов «Каталога ледников», охватывающих все ледниковые районы Казахстана, а на их основе впервые составлена карта оледенения гор Казахстана.

Глубокие долины, вначале в форме эрозионных ущелий, а затем трогов с ригелями и моренными нагромождениями, поросшими тьянь-шаньской елью, пихтой, можжевельником или покрытые альпийскими лугами, поднимаясь все выше и выше, заканчиваются в своих верховьях царством диких скал, вечных снегов и ледников — такого типичный ландшафт высокогорья Казахстана.



Морфологические типы ледников Казахстана: а — сложно-долинный ледник Корженевского; б — долинный ледник Шумского (I), карово-долинный ледник Муравлева (II); в — шлейфовый ледник Дальний; г — асимметрично-долинный ледник Шнитникова; д — ледник плоской вершины Акишошак. 1 — фирновые поля, 2 — фирновая линия, 3 — язык, 4 — морена, 5 — озера, 6 — реки, 7 — вершины, 8 — хребты, 9 — денудационная поверхность, 10 — уступ денудационной поверхности, 11 — ригели.

Ледяная корона республики, поднятая на высоту более 4000 м над ур. м., венчает горные хребты Тянь-Шаня — Таласский, Киргизский, Заилийский, Кунгей- и Терскей-Алатау, а также хребты Джунгарского Алатау, Саура и Казахстанского Алтая.

Всего на территории Казахстана насчитывается 2724 ледника, общая площадь которых составляет 2033,3 км², включая 70 км² фирновых полей одного из крупнейших ледников Советского Союза — Северного Иньльчека¹. Объем ледников оценивается в 100 млрд м³, что почти вдвое превышает действительные годовые ресурсы речного стока, формирующегося в пределах Казахстана, и равно объему воды в озере Балхаш.

Почти половина всей площади оледенения Казахстана приходится на высочайшие казахстанские горы — хр. Джунгарский Алатау, второе место занимают хребты Заилийский и Кунгей-Алатау, третье — хр. Терскей-Алатау.

Горные ледники располагаются в наиболее затененных участках долин и на прилегающих к ним склонах. Ледники долин (долинного и котловинного типов) занимают $\frac{2}{3}$ общей площади оледенения и располагаются преимущественно на северных склонах хребтов, залегая в истоках рек.

Котловинные и долинные ледники — наиболее крупные. Их поверхность испещрена промоинами — ледяными каньонами, которые нередко заканчиваются глубокими ледниковыми колодцами. Отдельные участки ледников разорваны многочисленными трещинами, создающими настоящий лабиринт. В наиболее узких и крутых местах образовались непроходимые ледопады, из хаотически нагроможденных гигантских ледяных блоков, разорванных трещинами глубиной до 30—50 м. На языках таких ледников часто встречаются «столы», или «грибы», — громадные каменные лыбы, высоко поднятые над поверхностью льда.

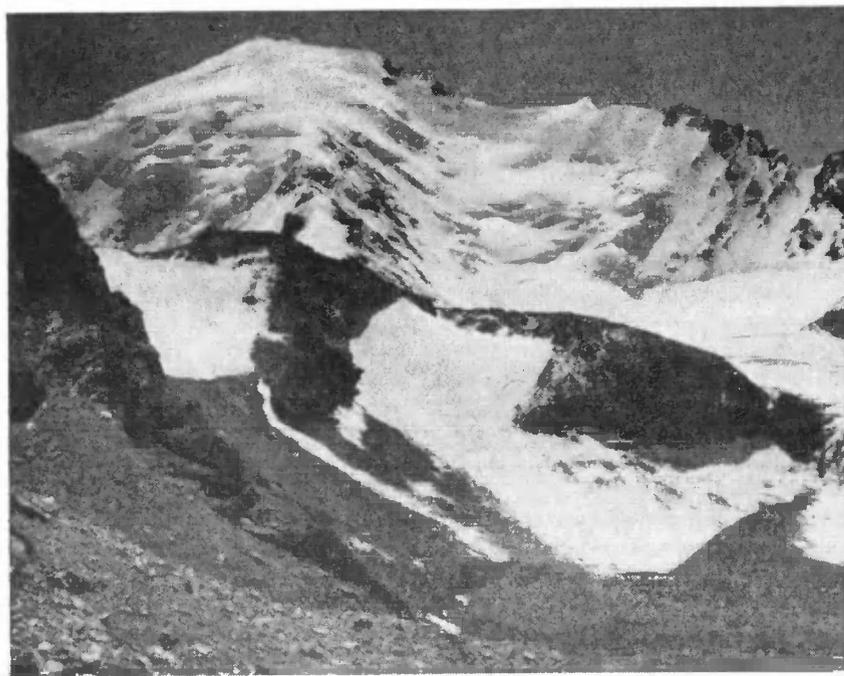
Самый крупный долинный ледник — ледник Корженевского, спускающийся с массива Талгар в Заилийском Алатау. Алмаатинцам хорошо знако-

¹ Сток с этого ледника поступает в р. Сарыджаз (Киргизская ССР).



Заилийский Алатау. Высшая точка хребта — вершина Талгар (4951 м). Хребты Заилийский Алатау и Кунгей-Алатау занимают второе место по площади оледенения в Казахстане.

Фото К. Г. Макаревича



Вершина долинного ледника Шумского в Джунгарском Алатау. Ледники долин (долинного и котловинного типов) занимают $\frac{2}{3}$ общей площади оледенения Казахстана и являются наиболее крупными.

Фото П. А. Черкасова

мы характерные трапецевидные очертания этой вершины, высота которой достигает 4951 м над ур. м. Длина ледника Корженевского равна почти 12 км, площадь — 38 км², а толщина, определенная геофизическими методами, — около 300 м. Обычно же толщина ледников, залегающих в долинах, — 50—100 м, на горных склонах — 10—30 м.

К числу долинных ледников относятся ледник Центральный Туюксутский, залегающий в верховьях р. Малой Алматинки хребта Заилийский Алатау на расстоянии 30 км от столицы республики, и ледник Шумского в бассейне р. Малый Баскан в Джунгарском Алатау. Эти ледники служат настоящими природными лабораториями казахстанских гляциологов и хорошо изучены.

На горных склонах лежат шлейфовые ледники. Они занимают так называемые висячие долины и покрывают северные склоны хребтов сплошным ледяным шлейфом так, что порой их ширина бывает больше, чем длина. Достигнув дна долины, эти ледники образуют небольшие языки, обрамленные валами нешироких, но довольно высоких морен.

Часто встречаются ледники карового типа. Они невелики по размерам и почти целиком размещаются в каре — округлом углублении на горном склоне. Формы кар разнообразны: типичные — в виде кресловин, полукруглые, блюдцеобразные, обрывистые и сглаженные, пологие и крутые, простые и сложные, ступенчатые, глубоко врезанные в склон и открытые.

Нередко ледники располагаются в неглубоких ложбинах склона, напоминая по форме дождевую каплю. Это — висячие ледники. Борты их слегка приподняты над поверхностью склона и почти всегда чисты от камней и щебня. Они, как правило, не длиннее нескольких сот метров, зато их очень много.

К своеобразным ледниковым образованиям относятся ледники плоских вершин, напоминающие по внешнему виду каравай хлеба, почти плоский в центре и более выпуклый к краям.

Большая часть казахстанских ледников покрыта моренными отложениями. Площадь боковых, срединных



Ледник Тогузак на тп. Заилийский Алатау. Там, где хребет имеет меридиональное направление, на запад и восток с него стекают огромные фирновые поля ледников.

Фото В. Я. Кукушкина

и фронтальных морен занимает от 10 до 20% и более общей площади ледников. Обычно концы ледниковых языков на протяжении сотен метров погребены под моренным чехлом, лед под которым тает очень медленно. Поэтому нередко при сокращении ледника погребенная часть отчленяется от него полностью. Встречаются и так называемые «забронированные» ледники — почти сплошь покрытые моренными отложениями.

Климат и ледники

Размещение оледенения в горах Казахстана связано с господствующей над ними циркуляцией воздуха, орографией хребтов и экспозицией ледниковых вместилищ. На северных склонах гор сосредоточено около 80% всех ледников Казахстана.

Велика территория Казахстана, с севера на юг она пересекает несколько природных зон, климат которых по-разному оказывает влияние на

жизнедеятельность горных ледников. Так, если на Алтае ледники спускаются с гор до высоты 2600 м, то в Тянь-Шане они лежат лишь до 3600 м. Соответственно изменяется и высота фирновой линии, разделяющей области накопления и расхода ледникового вещества, — от 2800 до 3800 м, причем на северных склонах она на 200—250 м ниже, чем на южных.

Таким образом, для развития оледенения решающее значение имеет не только климат, но и рельеф гор, в частности их высота.

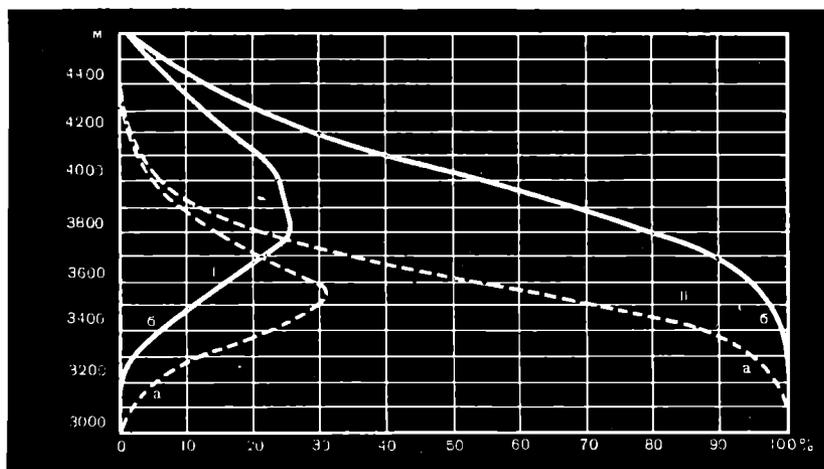
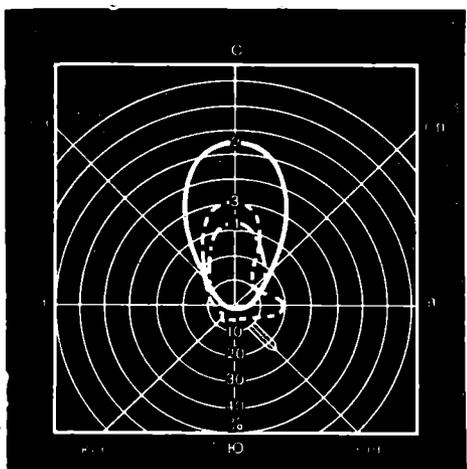
Ледники Казахстана имеют характерный низкотемпературный режим. Зимой активный слой ледников (до глубины 12—15 м) выхолаживается. На поверхности температура льда опускается до -10° . Летом, в период таяния, поверхностные слои льда до глубины 1 м прогреваются до 0° . В придонных слоях крупных долинных ледников нулевые температуры сохраняются в течение всего года.

Суровый климат высокогорья сказывается не только на жизнедеятельности ледников, но оказывает влияние и на прилегающие территории. Здесь существует зона «вечной» мерзлоты, общая площадь которой на территории гор Казахстана ориентировочно составляет 16760 км².

Как движутся ледники?

Масса льда становится ледником только тогда, когда она начинает двигаться. Движение — важнейший процесс, управляющий жизнедеятельностью ледников. Оно является источником энергии для изменений структуры льда, влияет на его тепловое состояние, разгружает области аккумуляции ото льда и производит работу выпахивания ледникового ложа.

Механизм движения ледников полностью еще не раскрыт. Каждая из существующих теорий движения имеет свои недостатки. Но не подлежит никакому сомнению, что основ-



Распределение площади ледников Алтая (1), северного склона Джунгарского Алатау (2), Заилийского и Кунгей-Алатау (3) по экспозициям (в % от общей площади оледенения). Основная площадь оледенения Казахстана сосредоточена на северных склонах.

Дифференциальные (I) и интегральные (II) кривые распределения общей площади оледенения по высотным зонам на северном склоне Джунгарского (а) и Заилийского (б) Алатау (в %). Основная масса ледников приурочена к различным высотным уровням. В Джунгарском Алатау 90% площади ледников располагается в интервале высот 3100—4100 м, а максимальная площадь оледенения в этом высотном интервале приходится на высоту 3500 м; в Заилийском Алатау, расположенном южнее, пояс развития оледенения смещается вверх до 3300—4600 м, а максимальная площадь приходится на высоту 3900 м.

ной причиной движения ледников является сила тяжести. В результате давления вышележащих масс на нижележащие нарушается равновесие ледяной толщ. Лед начинает перемещаться в сторону уклона. Дополнительная нагрузка вещества увеличивает воздействие силы тяжести и ускоряет движение. Таяние льда на языке замедляет этот процесс. Большую роль в движении играет пластичность льда. В верхней толще, до глубины 30—50 м, он хрупкий, а ниже способен без разрыва принимать и сохранять приданные ему давлением и рельефом те или иные формы. Трещины, зияющие на поверхности ледника, на глубине смыкаются.

Движение ледников Казахстана характеризуется малыми скоростями — от близких к 0 до 50—60 м/год, что связано с небольшой толщиной ледников, низкими температурами в толще льда и незначительным количеством выпадающих атмосферных осадков (около 1000 мм в год).

Однако изредка характер движения ледников резко нарушается. Это происходит, например, тогда, когда в фирновом бассейне накопятся чрезмерно обильные массы снега и фир-

на. В этом случае ледник переходит в неожиданно быстрое наступление, скорость его движения увеличивается в десятки и сотни раз — до 100 м в сутки.

Таким катастрофическим подвижкам подвержены ледник Медвежий на Памире и ледник Колка на Кавказе. В Казахстане некоторые признаки аналогичной активности проявляет и ледник Шокальского в Заилийском Алатау. Исследование таких ледников — одна из главных задач современной гляциологии.

Таяние ледников и баланс их массы

Приходит весна, солнце поднимается все выше и под его лучами накопившийся за зиму снег, а потом и лед начинают быстро исчезать.

Таяние на языках ледников обычно происходит в течение 3—3,5 месяцев — с июля до середины сентября, вблизи фирновой линии продолжительность периода таяния уменьшается примерно в 2 раза. За лето стает слой льда толщиной около 3 м, а в исключительных случаях — до 5—6 м. 85% тепла, поступающего на по-

верхность ледников, дает солнце и только 15% — приледниковый воздух. Часть этого тепла (22%) уходит на прогрев остывшего за зиму льда, 72% — на его таяние и 6% — на испарение.

В среднем все ледники Казахстана, на которых велись наблюдения, тают (при средней облачности 5 баллов) на 7,2 мм (6,5 мм в водном эквиваленте) на каждый градус среднесуточного тепла. При запыленной поверхности лед тает на 18—20% быстрее. Под моренным чехлом таяние замедляется и тем значительно, чем толще моренное прикрытие. Под слоем морены в 10 см оно замедляется почти наполовину, под слоем в 50 см — на 88%, а под толщей моренных отложений в 1,5—2,0 м таяние, по-видимому, прекращается полностью.

В верховьях сток горных рек на 80—85% состоит из талых ледниковых вод, а у подножья гор их доля снижается до 35%. Хотя зимой ледники практически не тают, их талые воды, накопившиеся за лето в моренах и рыхлых отложениях, выстилающих дно долин, поступают в реки грунтовыми стоком и продолжают участвовать в их питании.

За короткое высокогорное лето в верхних частях ледников теплу солнца и воздуха не удается растопить весь снег, часть его остается и идет на питание ледников (соотношение прихода к расходу здесь складывается как 58% к 42%). Но в нижних частях ледников, ниже фирновой линии, соотношение прихода и расхода вещества уже обратное — 44% к 56%. Следовательно, общий баланс участвующего в массообмене вещества в настоящее время складывается не в пользу ледников (48% к 52%). Поэтому ледники сокращаются по длине на 5—20 м/год и по площади — на 100—1000 м². Запасы заключенного в них льда ежегодно уменьшаются на 0,05—0,5%.

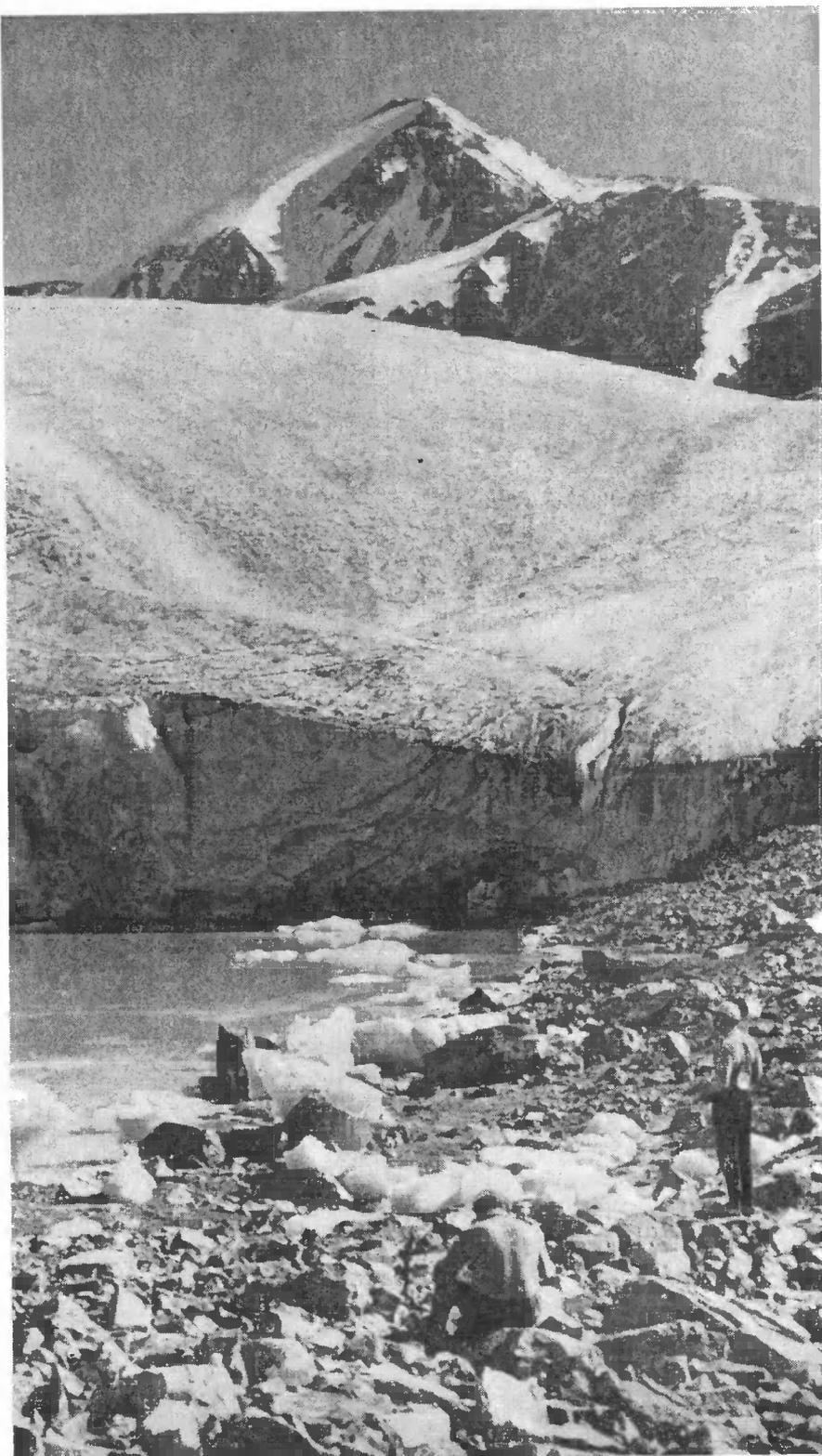
Такие потери ледников, видимо, не будут представлять серьезной опасности для резкого сокращения стока рек с ледниковым питанием в течение ближайших столетий.

Ледники нужно беречь

По ориентировочным расчетам, основанным на средних показателях морфологической структуры и модулях стока, от таяния ледников Казахстана ежегодно образуется около 2 млрд м³ воды. Этого достаточно для поддержания уровня вегетации сельскохозяйственных культур на площади около 1 млн га в засушливый период года.

В ряде районов юго-востока Казахстана и Средней Азии, водоснабжение которых зависит от ледниковых рек, происходит интенсивный рост хозяйства и населения. В основу расчетов водоснабжения этих районов положены данные о водности рек, полученные лишь за несколько последних десятилетий, когда наблюдалось ускоренное сокращение ледников и когда ледники давали большое количество талой воды. Подобные расчеты могут ввести в заблуждение и создать ложное впечатление безопасности; так как не предусматривают возможного недостатка воды в будущем в том случае, если ледники растают или вследствие изменений климата перестанут сокращаться.

Даже усиленное таяние ледников, происходящее ныне, по-видимому, не сможет удовлетворить наши расту-



Язык ледника Уральцев, который спускается на юг с хр. Заилийский Ала-тау. Под языком образовалось небольшое озеро.

Фото В. А. Кукушкина



Таяние на леднике Шокальского (Заилийский Алау). В среднем в летнее время ледники Казахстана тают на 7,2 мм на каждый градус среднего суточного тепла.

Фото В. А. Кукушкина

щие потребности в воде. Поэтому возникает соблазн «заставить» ледники таять сильнее и извлекать из них влаги больше, чем они могут дать в результате естественного таяния. Иными словами, возникает проблема искусственного усиления таяния ледников.

Проведя эксперименты на ледниках Тянь-Шаня и Памира, советские гляциологи установили, что тонкий слой угольной пыли, развезенный на поверхности ледника в количестве около 5 т на 1 км², увеличивает поглощение солнечной радиации и заметно усиливает таяние льда. Таким путем можно повысить ежегодный приток воды в горные реки на 40—50%.

Однако подобным методом следует пользоваться с осторожностью, чтобы не лишиться надежных источников воды и не потерять, как говорят, ни процентов с капитала, ни сам основной капитал. Ведь искусственное усиление таяния на ледниках может сильно ухудшить их и без того неблагоприятный режим. Если запыление проводить ежегодно, небольшие ледники останутся без языков уже через 50 лет, а их фирновые поля превратятся в разрозненные пятна снега в затененных уголках ледниковых цирков. Несколько более устойчивыми окажутся ледники средних размеров: при современных климатических условиях их хватит на 200—300 лет, но едва ли на больший срок.

Чтобы избежать таких недопустимых последствий в случаях применения искусственного усиления таяния, необходимо изучить естественный массо- и энергообмен в ледниках и обязательно осуществлять компенсирующие мероприятия, т. е. накапливать лед в другие сезоны или замедлять интенсивность таяния в благоприятные годы, снижая солнечную радиацию. В качестве мер по увеличению запасов льда можно рекомендовать искусственный спуск снежных лавин, намораживание зимой искусственных наледей и др. Эти мероприятия пока еще не испытывались ни в Казахстане, ни в других горных республиках и их экономическая эффективность не учтена, но потребность в них велика и необходимость конкретных практических экспериментов очевидна.

УДК 551.32

Мир насекомых и охрана природы

Член-корреспондент АН СССР

Г. Я. Бей-Биенко



Григорий Яковлевич Бей-Биенко (7.II.1903—3.XI.1971) был одним из самых известных энтомологов нашей страны. Он был президентом Всесоюзного энтомологического общества, заведовал кафедрой общей энтомологии Ленинградского сельскохозяйственного института и лабораторией энтомологии Зоологического института АН СССР. Основные исследования выполнены в области экологии насекомых и биогеоценологии, теории защиты растений, а также систематики прямокрылых, таракановых, кожистокрылых. Способствовал успешному решению проблемы борьбы с саранчовыми, вскрыл основные закономерности изменения фауны при освоении целинных земель, обосновал принцип смены местообитаний наземными организмами. Автор ряда учебников, руководств и 250 работ по систематике и биологии насекомых. Статьи Г. Я. Бей-Биенко неоднократно печатались в журнале «Природа». В этом номере помещена последняя работа Г. Я. Бей-Биенко, посвященная вопросам разумной охраны природы.

Человек и природа: стратегия взаимоотношений

Основу современной экологии составляет учение об экологических системах, как сообществах организмов, связанных с внешней средой, представленной солнцем, воздухом, водной стихией и почвой. Эти экосистемы отличаются сбалансированной выработкой и расходом органического вещества, сбалансированным притоком и потерей энергии, т. е. обладают свойством саморегулирующейся системы с обратной кибернетической связью, позволяющей быстро погасить отклонения от установившихся соотношений и тем самым обеспечивающей затухание колебаний. Благодаря наличию таких регуляторов колебаний, т. е. гомеостатических механизмов, экосистемы предстают перед нашим мысленным взором как своеобразные, хорошо налаженные природные хозяйства, где потребление и расход веществ и энергии так отрегулированы, что позволяют этим «хозяйствам» существовать многие тысячелетия, медленно эволюционируя и совершенствуясь.

В качестве регуляторов в экосистемах выступают живые организмы — растения и животные; только они способны адекватно реагировать на изменения внешней среды. При этом необходимо отметить еще одно важное обстоятельство — чем большее разнообразие видов животных и растений свойственно той или иной экосистеме, тем выше возможность приспособления ее к изменяющимся условиям; другими словами, чем

больше генофонд экосистемы, т. е. чем больше заложенная в нее биоинформация, тем большей прочностью и надежностью она обладает. Уже по одному этому признаку создавшееся в процессе многовековой эволюции разнообразие организмов должно рассматриваться как ценный дар природы. Естественно, что сохранение этого природного богатства — в интересах человечества, не говоря уж о той непосредственной или косвенной пользе, которую приносят многие организмы человеку, помогая создавать ценную пищевую или техническую продукцию. Поэтому, преобразуя по своему усмотрению природу, человек должен действовать разумно, с учетом законов природы, никогда не забывая, что нет организмов целиком и полностью вредных или полностью полезных. Все зависит от обстоятельств, в которые поставлен данный организм и от целого ряда других биологических факторов.

Стремительный научно-технический прогресс, рост современных городов все увеличивают отрыв людей от природы и одновременно усиливают их натиск на нее. Сами же успехи в области научно-технического прогресса воспринимаются многими как свидетельство овладения природой и независимости от нее. Между тем наши слова о «покорении» природы в устах компетентных людей представляют всего лишь метафору, а в среде некомпетентных — лишь опасное самообольщение.

Теневые стороны современного технического прогресса с некоторых пор возбуждают тревогу у ряда широко мыслящих современных ученых и общественных деятелей. Их выска-

звания на этот счет (особенно на Западе) зачастую проникнуты открытым пессимизмом.

Так, руководитель Отдела естественных ресурсов при ЮНЕСКО М. Баттис в своей книге «Сохраним ли мы нашу планету обитаемой?»¹ пишет: «...Положение ухудшается очень быстро, оно гораздо более опасно, чем это представляется большинству людей, особенно горожанам, вероятно, забывающим, в какой степени их жизнь зависит от природы и ее ресурсов». Другой автор Л. Дж. Баттан, в книге «Загрязненное небо» говорит: «Одно из двух: или люди сделают так, что в воздухе станет меньше дыма, или дым сделает так, что на земле станет меньше людей»².

Что же нужно делать людям, чтобы избежать порчи жизненной среды, разрушения биосферы? И какова наша роль, роль энтомологов, в этом деле?

Говоря в самом общем плане, задача сводится к разумному управлению биосферой путем установления оптимальных отношений между человеком и природой на основе прогресса науки, техники и человеческого сознания. Человеческое сознание должно стать непременным условием совершенствования окультуренных областей биосферы — как совокупностей агробиоценозов и других вторичных ценозов с современной техникой. Такие области биосферы, контролируемые разумной деятельностью человека, акад. В. И. Вернадский предложил называть ноосферой, т. е. сферой разума. И поскольку проблема заключается в регулировании, в ее разработке должны быть использованы принципы кибернетики.

Отвлекаясь от частных, т. е. говоря абстрактно, задачу можно свести к следующему: сведению к минимуму потока информационной связи, идущей от дикой природы в ноосферу, равно как и потока информации из ноосферы в дикую природу. Другими словами, воздействие на ноосферу, как регулирующую часть биосферы, вредных насекомых, сорняков, раз-

личных инфекций и эпизоотий должно ослабляться не односторонне, а разнообразной человеческой деятельностью: использованием биологической борьбы, иммунитета, экологическими приемами (например, в сельском хозяйстве, с помощью передовой агротехники) и пр. Равным образом воздействие на дикую природу ядовитыми отходами промышленности, химическими средствами защиты растений, удобрениями, вырубкой леса и другими формами порчи биосферы не должно превышать некоего допустимого предела. Предел этот нужно точно установить.

Такая разумная стратегия должна привести в конечном итоге к повышению информационного богатства ноосферы и превращению всей биосферы в ноосферу с регулируемым биотическим круговоротом. В этой связи принятый недавно закон об основах водного законодательства СССР и союзных республик приобретает большое значение и для охраны природы в целом¹.

Роль насекомых в биосфере

Попытаемся представить себе мир насекомых как объект изучения современной энтомологии и ее прикладных дисциплин — сельскохозяйственной, лесной, ветеринарной и медицинской энтомологии, пчеловодства, шелководства, учения об опылителях растений.

Мир этих существ представляется современной науке как одно из самых грандиозных биологических явлений на нашей планете. Уступая по своей биомассе растениям и некоторым группам животных, насекомые превосходят все живые существа своим количеством, разнообразием и участием в функционировании биосферы. Действительно, в настоящее время известен почти 1 млн видов насекомых, т. е. больше чем всех остальных животных и растений вместе взятых. Однако, энтомологи-система-

тики всего мира ежегодно открывают и описывают до 6—8 тыс. новых видов, и истинное число существующих на планете видов насекомых, вероятно, достигает более полутора миллионов. В СССР обитает не менее 80—100 тыс. видов насекомых, хотя известно пока лишь около половины.

Естественно, что насекомые, как самая обширная и вездесущая группа организмов, играют выдающуюся роль в биосфере. Эта их роль двойка: с одной стороны, они широко и активно участвуют в круговороте веществ и энергии, с другой — они своими широкими и разносторонними экологическими связями с остальными организмами и с косной природой (почва, водная и воздушная среда) играют громадную роль в создании стабилизирующих и регулирующих механизмов в экосистемах, обеспечивающих надежность и прочность существования последних.

Прежде всего, поистине планетарную роль играют насекомые как опылители цветковых растений. Тем самым они участвуют в создании семенной и плодовой продукции в природе, влияя на урожай растений в сельском хозяйстве. Более того, исторически они безусловно способствовали возникновению цветковых растений и их прогрессивной эволюции. Нельзя поэтому представить себе современный мир растений и создаваемые ими ландшафты без участия насекомых-опылителей.

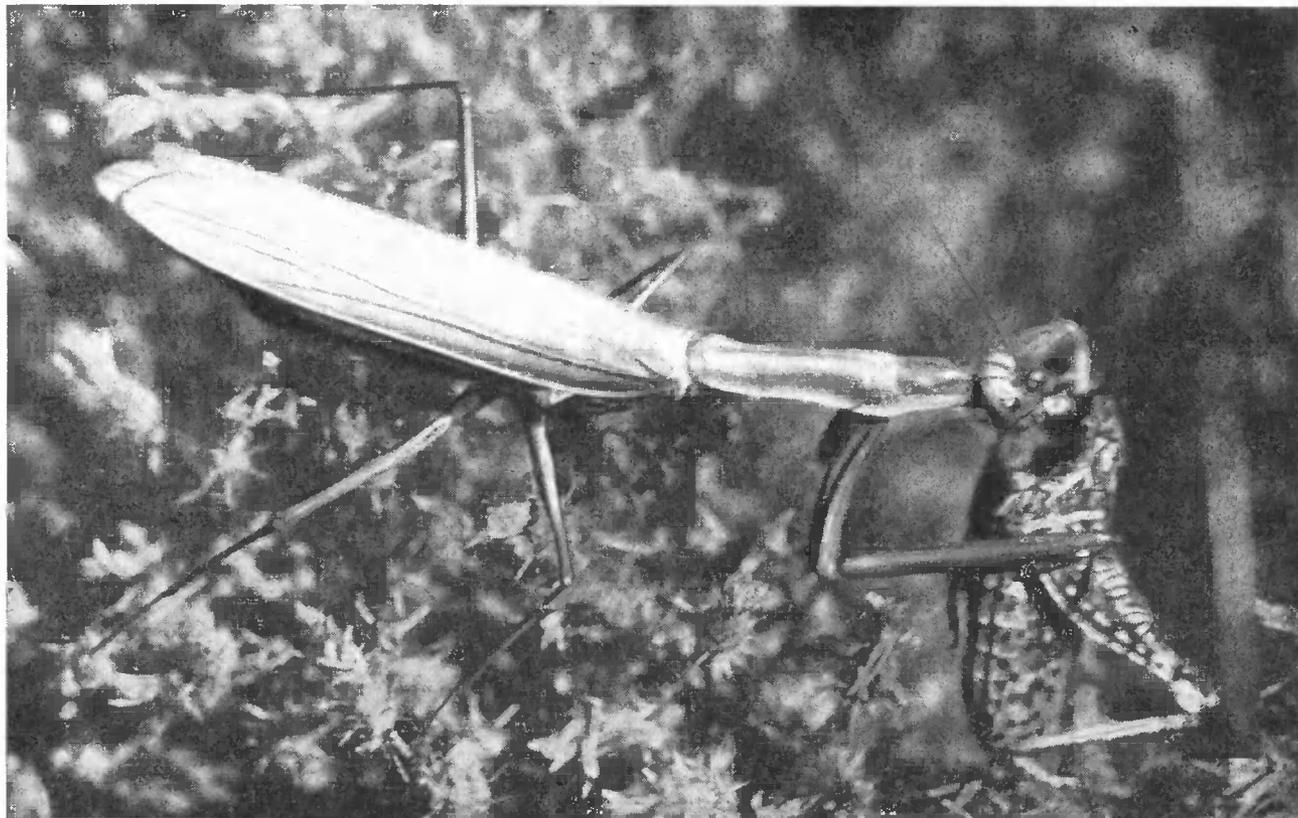
Другая выдающаяся функция насекомых — это их роль как потребителей мертвой органической продукции в виде разнообразных остатков растительного и животного происхождения. Такие виды-сапротрофы выполняют в биосфере санитарную функцию, избавляя природу от захламления органическими остатками и участвуя в почвообразовательном процессе, в создании почвенного плодородия.

Наконец, третья кардинальная функция насекомых в биосфере состоит в том, что они сами служат источником питания других животных и, следовательно, обеспечивают существование очень многих наземных и водных позвоночных и беспозвоночных — млекопитающих, птиц, рептилий, амфибий, рыб и паукообразных,

¹ М. Баттис. Сохраним ли мы нашу планету обитаемой. «Курьер ЮНЕСКО», январь 1969, № 145.

² Л. Дж. Баттан. Загрязненное небо. М., «Мир», 1967.

¹ См. также Постановление Верховного Совета СССР «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов». «Правда», 21.IX.1972.



*Богомол поедает итальянского пруса (*Calliptamus italicus*) — одного из наиболее вредоносных представителей саранчовых. В сутки богомол поедает до 20—25 штук различных вредителей. Некоторые виды богомолов приносят вред, так как поедают полезных насекомых — пчел, наездников и др.*

Фото В. М. Ермоленко

а также и бесчисленных видов хищных и паразитических насекомых.

Если бы наша планета вдруг лишилась насекомых, человечество постигла бы катастрофа: исчезло бы очень большое число видов животных и растений, люди лишились бы многих источников пищи и другой необходимой продукции, снизилось бы или иссякло плодородие почвы, планета оказалась бы заваленной отбросами.

Однако некоторые виды насекомых, деятельность которых сталкивается с интересами человека, становятся вредителями — повреждают полезные растения, снижают продуктивность домашних животных, переносят ряд опасных заболеваний, причиняют и другой ущерб. Эта отрицательная роль очень велика и известна более широким кругам людей, к ней привлекается внимание еще со школьной скамьи. В результате огромная планетарная роль насекомых,

в сохранении которой заинтересован и человек, оказалась в тени. Между тем прямые подсчеты показывают, что на долю насекомых, повреждающих культурные и хозяйственноважные растения, и насекомых, представляющих опасность в медико-санитарном отношении, приходится не более 10% видов от всей энтомологической фауны. А если учесть то обстоятельство, что повреждения, наносимые растениям громадным большинством растениеядных видов не перерастают в действительный вред, то доля истинных вредителей составит даже менее 1% видов.

Энтомология и химия

Задачи энтомологов в деле охраны природы сводятся к следующему. Изыскание путей и методов ограничения химической борьбы с вредителями; охрана и усиление роли насекомых-опылителей растений; охрана и

восстановление местных биогеоценозов; обогащение местной фауны полезными организмами; выявление и охрана исчезающих видов насекомых.

Очень остро в последнее время встал вопрос о необходимости резкого ограничения химической борьбы с вредителями. Теперь уже всем известно, что при опыливании больших территорий такими ядохимикатами, как высокоэффективные современные инсектициды — ДДТ, ГХЦГ, фосфорорганические соединения (фосфамид, хлорофос, карбофос и др.), карбаматы (например, севин) одновременно с вредными погибают не только полезные насекомые, но и другие животные — промысловые пушные, рептилии, массаги гибнет рыба в прудах и реках. Яд попадает и в организм человека и наносит ему непоправимый ущерб.

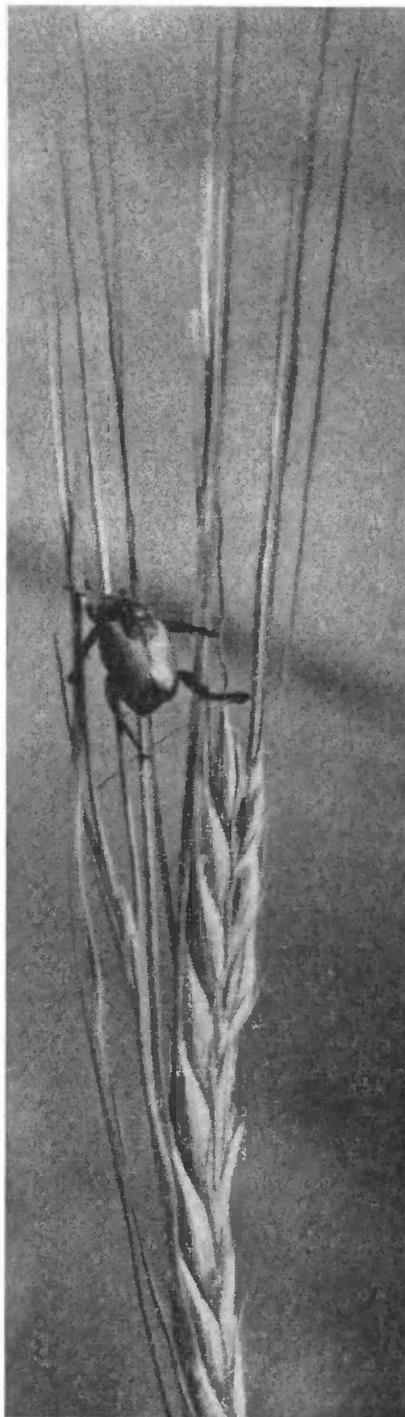
Установлено, что химическая обработка посевов пшеницы может сни-

зять численность энтомофагов¹ в 3—8, а иногда и в 18 раз! Вследствие этого в экосистемах ослабляются или полностью выводятся из строя регулирующие механизмы, и вредители приобретают неограниченный простор для своего развития. Примером может служить наблюдающаяся во всем мире вспышка небывалого размножения вредоносных растительноядных тетраниховых клещей, неоднократные вспышки численности некоторых видов червецов и др. Об отрицательном воздействии пестицидов на позвоночных животных и промысловую фауну уже давно с тревогой упоминается во многих сообщениях из самых различных районов земного шара. Даже в далекой Антарктиде ДДТ обнаружен в теле у пингвинов и других животных, не говоря уже о том, что снос пестицидов в морские воды в ряде случаев привел к возникновению губительных концентраций, вызывающих понижение жизнеспособности мальков и плодовитости промысловых рыб, например сардины у калифорнийского побережья США. С другой стороны, пестициды могут осуществлять физиологическую перестройку популяций вредителей — стимулировать у них повышение плодовитости, способствовать отбору особей с пониженным обменом вещества и, следовательно, более устойчивых как к действию ядов, так и к неблагоприятным условиям внешней среды².

Таким образом, применение химических средств в борьбе с вредителями, хотя и дает поначалу высокий экономический эффект, приводит впоследствии к самым нежелательным, даже трагическим результатам. Поэтому одна из коренных задач современной защиты растений состоит в изыскании научно обоснованных критериев целесообразности применения пестицидов. В теоретическом плане эта проблема представляется уже теперь достаточно ясной, но ее производственная разработка наталкивается на многие трудности.

¹ Энтомофаги — животные, истребляющие насекомых.

² Н. Г. Берим. Биологические основы применения инсектицидов. Л., «Колос», 1971.



Хлебный жук кузька (*Anisoplia austriaca*) питается мягкими, незрелыми зернами ржи, озимой и яровой пшеницы. Считают, что один жук может съесть до 8 г зерна. Кроме того, при этом он роняет на землю еще десятки зерен.

Фото В. М. Ермоленко

Интегрированная борьба с вредителями

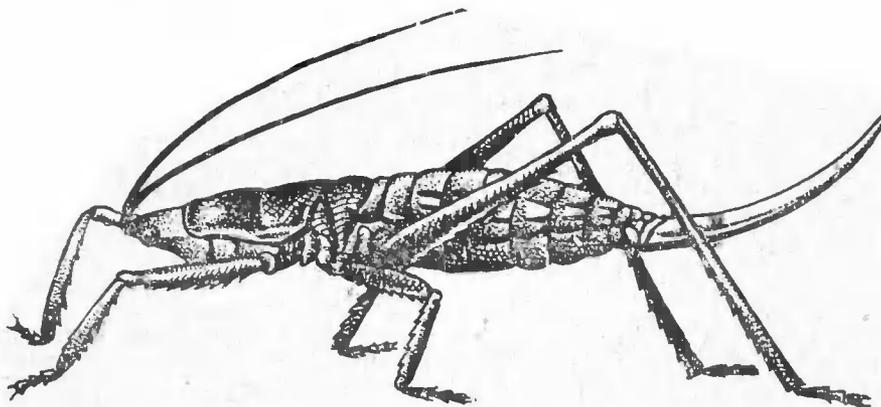
В решении этой проблемы на первое место должна быть поставлена разработка приемов интегрированной борьбы¹ со всеми важнейшими вредителями во всех основных природно-хозяйственных зонах страны². А это требует глубокого изучения жизненного цикла, популяционной динамики и вредоносности каждого вида вредителя, с одной стороны, и состава энтомофагов, их жизненного цикла и полезной роли — с другой. На этой основе в первую очередь должны изыскиваться пути более рационального применения ядохимикатов — такие, как сокращение числа обработок, ленточные или краевые обработки, установление наиболее безопасных для полезной фауны сроков опрыскивания или опыливания ядами и пр. Очень важен вопрос об установлении критериев вредоносности того или иного вредителя, т. е. таких показателей, при которых повреждение перерастает в действительный вред и необходимость химической борьбы становится бесспорной. Вопрос этот не прост, но уже в ряде случаев достигнуты бесспорные успехи.

Так, тщательное изучение биологии и вредоносности хлопковой совки (*Heliothis obsoleta* F.) позволило резко изменить методы борьбы с ней и уже вскоре дало повышение урожайности на 20%.

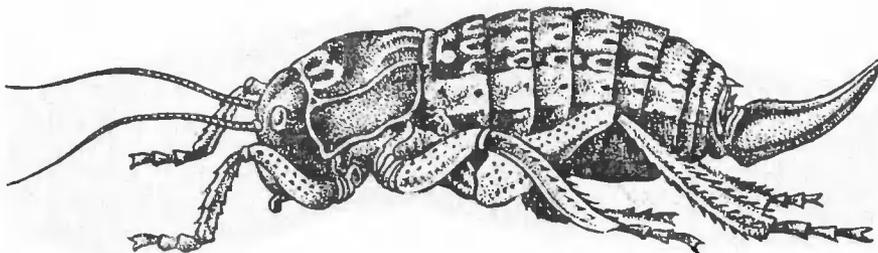
Существенную помощь в разработке интегрированных приемов борьбы должно оказать создание серии избирательно действующих аттрактантов и репеллентов, разрушение генетической структуры вредителей, разработка микробных препаратов, изыскание эффективных паразитов и хищников как для целей внутриареального переселения, так и для регулярного выпуска их в природу. Большая роль в этом деле может принадлежать агротехническим методам воздействия на вредителей и их энтомофагов: сни-

¹ Интегрированная борьба — разумное ограничение химической борьбы, направленное на усиление роли энтомофагов.

² М. С. Гилларов. Биосфера, биоценозы и защита растений. «Защита растений», 1970, № 7.



Один из самых крупных кузнечиков нашей фауны — степная дыбка (*Sagaredo*). Размножается партеногенетически. Прежде был широко распространен, теперь находится на грани исчезновения.



Бескрылый кузнечик степной толстун (*Bradyporus multituberculatus*). Распашка степей сильно сократила ареал этого вида, и он превратился в реликт степной фауны.

жение численности первых и повышение численности вторых будет создавать благоприятные соотношения для быстрого подавления вредителя.

В целом интегрированную борьбу можно сравнить с полуавтоматической системой; увеличение численности вредителя в умеренно или слабо нарушенных экосистемах приводит к увеличению численности энтомофагов, но последние далеко не всегда могут справиться с вредителями своими силами и задача заключается в содействии энтомофагам путем активного вмешательства в их численные взаимоотношения с вредителями.

Один из методов биологической борьбы с вредителями заключается во внедрении устойчивых против вредителей сортов культурных растений; с точки зрения не только экономической, но и ноогенической, это одна из кардинальных задач современного земледелия. Эффективность этого пути будет значительно повышена в результате делового научного контакта селекционеров и энтомологов.

В конечном счете все эти методы и пути в защите растений создают широкие возможности для снижения химического загрязнения среды и тем самым приобретают существенное значение и с точки зрения охраны природы.

Опылители и растения

Охрана насекомых-опылителей культурных и диких растений приобретает в наше время большое значение. Среди опылителей в первую очередь должна быть названа обширная группа пчелиных — высших антофильных¹ насекомых, всеми своими морфо-физиологическими и биологическими свойствами тесно связанных с цветковыми растениями и не способных существовать без последних. На всем земном шаре насчитывается до 30 тыс. видов пчелиных, в том числе в СССР около 4 тыс.

Выполняя в естественной природе и в сельском хозяйстве свою незаменимую функцию, многие антофильные насекомые оказались неспособными жить на заново освоенных человеком землях. Поэтому сплошное освоение их коренных местобитаний — целинных и залежных земель — становится для этих насекомых пагубным. Резко отрицательное воздействие оказывает на них и непродуманное применение пестицидов.

В качестве примера можно привести данные по Тамбовской области; здесь за последние 10 лет численность диких опылителей на посевах клевера и люцерны сократилась в 12 раз, что резко снизило урожай семян этих культур¹.

Замена сокращающегося поголовья диких пчелиных медоносной пчелой путем расширения пчеловодства решает эту проблему лишь частично: медоносная пчела не способна опылять некоторые культурные (люцерна) и дикие растения. Однако возникшее противоречие не следует считать неразрешимым и катастрофическим. Последними исследованиями удалось разработать ряд приемов, способных ослабить неблагоприятное воздействие освоения земель на фауну диких опылителей. Идеалом следует считать чередование процессов с более или менее равномерно расположенными участками, пригодными для обитания диких опылителей — лесными насаждениями, зарослями кустарников, ползащитными полосами и др. Овраги, крутые склоны, засоленные участки и другие неудобные земли не следует рассматривать только лишь как отрицательное явление; в условиях современного земледелия с его обширными массивами посевов так называемые бросовые земли должны приобрести полезную функцию — стать резерватами полезной фауны, в том числе и опылителей. Поэтому стремление к распашке склонов, возвышенностей микрорельефа и засоленных земель нельзя считать целесообразным; помимо опасности ветровой и водной эрозии, создается и угроза окончательной гибели местной полез-

¹ В. К. Рымашевский. Шестой съезд Всес. энтомол. общ-ва, Тезисы докладов. Воронеж, 1970.

¹ Опыляющих цветковые растения.

ной фауны. Целесообразно, наоборот, усилить полезную роль этих участков путем устройства искусственных гнезд, особенно по южным склонам и возвышенностям микрорельефа, а также путем насаждения медоносных кустарников. Предстоят еще новые исследования для изыскания других возможных приемов. Полезную роль несомненно может сыграть и расширение в хозяйствах посадок и посевов медоносных культур — плодовых и ягодных, люцерны, клевера, эспарцета, гречихи, горчицы, фацелии и др. Помимо создания таким путем непрерывно действующего цветочно-нектарного конвейера, обеспечивающего повышение эффективности пчеловодства, эти медоносы будут создавать благоприятную кормовую базу и для диких пчелиных.

Принципы цветочно-нектарного конвейера разработаны А. Н. Мельниченко, исследования которого показывают также, что недостатки в опылении энтомофильных культур приводят к недобору с них 50—70% урожая плодов и семян ежегодно на сумму более 2 млрд руб.¹

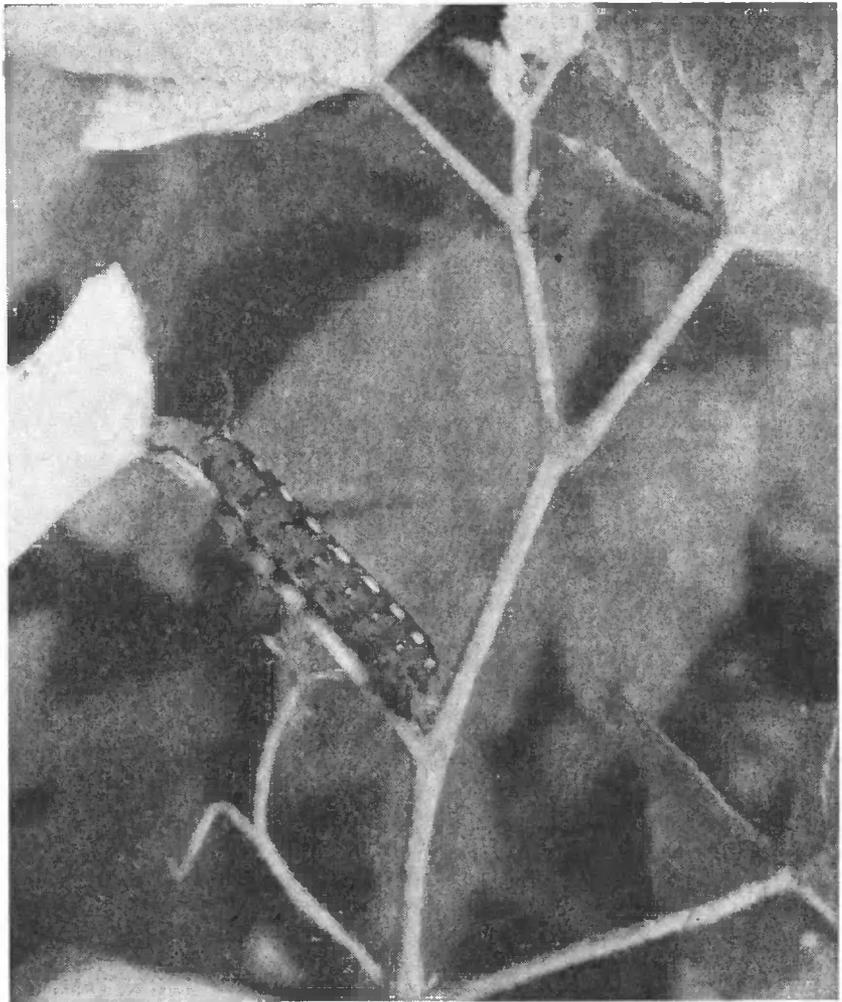
Ну, и само собой разумеется, пчелиных необходимо охранять от действия пестицидов.

Искусственные биогеоценозы и заповедники

Задача охраны и восстановления природных биогеоценозов или создание их искусственных заменителей приобретает ныне особо большое значение и имеет отношение не только к работе энтомологов, но и других специалистов, связанных с сельским и лесным хозяйством. В целом эта задача сводится к охране лесов, созданию искусственных лесных посадок и заповедных территорий.

Прежде всего, следует напомнить, что лесные биогеоценозы представляют собой самые продуктивные сообщества организмов как по величине биологического урожая, так и по количеству выделяемого кислорода. Лесная фауна особенно богата и разнообразна в тех случаях, когда лес-

¹ А. Н. Мельниченко. Шестой съезд Всес. энтомол. общ-ва, Тезисы докладов. Воронеж, 1970.



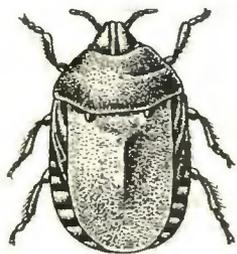
Вредитель винограда — гусеница подмаренникового бражника (Celerio galii).

Фото В. М. Ермоленко

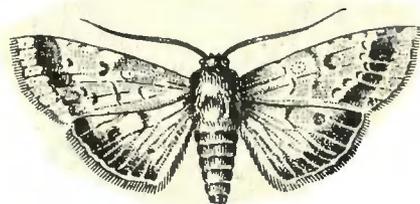
ные участки расположены не сплошными массивами, а обогащены опушками и полянами, дающими приют многим луговым видам насекомых, в том числе опылителям и энтомофагам. Поэтому сохранение лесных массивов в сельскохозяйственных районах и восстановление здесь лесных насаждений целесообразно и с точки зрения охраны природы.

Наша страна имеет большой опыт охранного, особенно полезащитного лесоразведения. А исследования ряда зоологов, в особенности энтомологов, обогатили наши теоретические представления о закономерностях изменения фауны и об экологических процессах, возникающих под воздей-

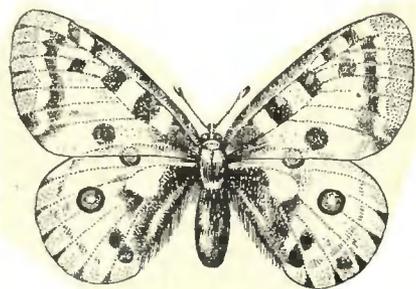
ствием лесных посадок подобного типа. Одной из таких закономерностей является обогащение полезащитных насаждений и прилегающих к ним травянистых шлейфов элементами полезной фауны — насекомыми-опылителями и разнообразными энтомофагами, включая паразитических и хищных насекомых и насекомоядных птиц. Существенное значение при создании искусственных лесных массивов имеет подбор древесно-кустарниковых пород; включение в их состав хороших медоносцев (липа, клен, белая акация, смородина и др.) будет благоприятствовать пчеловодству и повысит заселенность полезными насекомыми, а разнообразие древесно-



Вредная черепашка (Eurygaster integriceps) — наиболее опасный вредитель из растительных клопов. Повреждает пшеницу, рожь и другие злаки, накалывая весной стебли злаков у основания, а также повреждает колос и зерно в период созревания хлебов. Если в среднем на 1 м² площади посевов остается 5—10 перезимовавших клопов, то при отсутствии борьбы с ними урожай может полностью погибнуть.



Хлопковая совка (Heliothis obsoleta) — вредитель хлопчатника. Дает много поколений, первое из которых развивается на сорняках. Гусеницы хлопковой совки очень прожорливы. Питаются бутонами, цветками, завязями, семенами. Одна гусеница повреждает в среднем около 12 бутонов или коробочек хлопчатника. Вызывает также вторичное поражение початков кукурузы плесневыми грибами (фузариоз). Хлопковую совку уничтожает дрофа-вихляй.



Одна из самых красивых дневных бабочек — аполлон (Parnassius apollo L.), встречающаяся в горах Крыма, Кавказа и Западной Европы. Исчезнет с лица земли, если не будет взята под охрану.

кустарниковых пород ослабит роль вредителей в лесных насаждениях и придаст последним большую устойчивость.

Весьма полезным мероприятием представляется и создание лесных посадок на неудобных и эродированных участках — оврагах, балках и пр. Помимо своей охранной роли, такие посадки, при соответствующем подборе древесно-кустарниковых пород, будут выполнять свою полезную функцию и путем обогащения местной фауны хищными и паразитическими насекомыми, опылителями, насекомоядными птицами.

Роль заповедников как неприкосновенных территорий, сохраняющих человечеству и его будущим поколениям животный и растительный мир, очевидна и бесспорна. Следует лишь иметь в виду то обстоятельство, что каждый вид живых существ обладает лишь ему присущими и неповторимыми свойствами и мы не можем предвидеть, как и для каких целей эти свойства могут оказаться человеку полезными в будущем. Помимо того, как уже указывалось, многообразие животного и растительного мира повышает информационное богатство и устойчивость экологических систем, а следовательно, и биосферы в целом. Из всего этого вытекает важное положение, что человечество в целом заинтересовано в сохранении созданного природой генетического фонда как богатейшего дара природы; этим фондом оно должно пользоваться разумно.

Помимо того, заповедники могут служить местом изыскания полезных энтомофагов для внутриареального расселения или акклиматизации с целью биологической борьбы с вредителями. Особенно значительную роль могут в этом отношении сыграть заповедники, учрежденные в районах с богатой реликтовой фауной и флорой, избежавшей уничтожения от катастрофических климатических и других природных изменений. Таких территорий в СССР немало, они есть не только на Дальнем Востоке, на Кавказе, в горах Средней Азии, но и в Центрально-Черноземных областях, в мелкосопочниках Казахстана, на Алтае и в ряде других мест.

Обогащение фауны полезными видами

Мы подошли к рассмотрению следующей задачи — вопроса об обогащении местной фауны полезными видами. Однако эту задачу необходимо рассматривать шире, чем только акклиматизацию полезных насекомых-энтомофагов. Целесообразно и обогащение сельскохозяйственных угодий и заповедников полезными млекопитающими и птицами, которые, с одной стороны, будут истреблять вредителей, а с другой — повышать хозяйственную ценность данных территорий, являясь объектом промысловой и спортивной охоты. Сущность проблемы состоит в том, чтобы совместить сельскохозяйственное производство с ростом числа диких животных, дающих мясную продукцию. Опыт некоторых государств Европы (Чехословакия, Дания, Англия) говорит о возможности создания высокопродуктивных охотничьих угодий даже в густонаселенных районах.

Следовательно, задача состоит в изыскании таких полезных охотничье-промысловых животных, особенно среди птиц, которые оказались бы способными не только акклиматизироваться в тех или иных природных зонах страны, но и приспособиться к местному сельскохозяйственному ландшафту и давать полезную продукцию, повышающую доходность угодий. К числу таких полезных животных, в частности, относится серая куропатка, приносящая пользу и истреблением известных вредителей — черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.), озимой совки (*Agrotis segetum* Schiff.) и др. Такие охотничье-промысловые птицы, как стрепет и дрофа-вихляй, известны как истребители вредных насекомых в зоне хлопководства. Необходимы инициатива и энергичные действия в этом направлении как научных работников — зоологов и охотоведов, так и соответствующих учреждений, в том числе и заповедников.

Все рассмотренные выше задачи в области охраны природы в конечном счете могут быть сведены к одной всеобщей кардинальной задаче современности — созданию в освоен-



Лесной муравей, известный своей полезной деятельностью в качестве санитара леса, при определенных обстоятельствах может приносить и вред, способствуя размножению тлей, сахаристые выделения которых он охотно употребляет в пищу.



Примером неразрывной связи и взаимозависимости пчелиных насекомых с цветковыми растениями можно наглядно продемонстрировать на примере роющих ос (*Gorytes mystaceus*) и орхидей вида *Orphrys insectifera*. Цветок этой орхидеи имитирует по форме и цвету самку роющей оси. С удивительной точностью повторяются линии и цвет спинки, средние ножки самца попадают точно под «крылья» воображаемой самки, а два расходящихся в разные стороны верхних листочка изображают «усики».

ных сельскохозяйственных районах сбалансированного, высокопродуктивного и управляемого культурного ландшафта. Задача эта необычайно сложна и поэтому должна решаться комплексно.

Но помимо хозяйственных аспектов охраны природы есть еще аспекты, имеющие воспитательное или культурное значение. Сюда необходимо отнести и задачу охраны исчезающих под натиском человека видов насекомых — не только из числа полезных, но представляющих познавательный или эстетический интерес. С одной стороны, это виды реликтового происхождения — элементы уже исчезнувшей фауны прежних геологических времен; такие виды нередко обладают небольшим ареалом и поэтому наиболее уязвимы. С другой стороны, это виды некогда широко распространенные, но ныне, вследствие утраты своих экосистем и других причин, оказавшиеся на грани вымирания.

К числу первых относится, например, живущий на Дудергофских высотах под Ленинградом и размножающийся партеногенетически морщинистый скосарь (*Otiorrhynchus rugosus* Hum.) — представитель обширного рода жуков-скосарей, насчитывающего более 1000 видов. К этой же группе следует отнести и полярную кобылку (*Melanoplus frigidus* Boh.) в горном массиве курорта Боровое, Казахской ССР; этот небольшой островок ареала возник под воздействием ледникового периода и ныне оторван от полярного ареала вида более чем на тысячу километров.

К числу находящихся под угрозой, прежде широко распространенных видов, относятся многие крупные насекомые из числа дневных бабочек, некоторых жуков, кузнечиковых и др. Примерами могут служить красивейший представитель нашей фауны бабочка-аполлон (*Parnassius apollo* L.), встречающаяся в горах Крыма, Кавказа и Западной Европы, жук-усач альпийская розалия (*Rosalia alpina* L.), крупнейшее насекомое нашей фауны — кузнечик-дыбка (*Saga pedo* Pall.), богомол (*Mantis religiosa* L.). Эти и некоторые другие виды вместе с их биоценозами в Чехословакии,

например, уже охраняются научной общественностью.

Прежде в наших целинных европейских степях был широко распространен крупный, совершенно незащитный кузнечик степной толстун (*Bradyporus multituberculatus* F.-W.), дошедший на севере до Белгородской и Харьковской областей. Ныне же он сохранился лишь в немногих местах Северного Кавказа и без специальной охраны обречен на полное исчезновение. Между тем он интересен не только как яркий представитель степной фауны, но и своей биологией и принадлежностью к угасающей группе кузнечиковых древне-средиземноморского происхождения.

Чтобы сохранить такие виды для будущих поколений, энтомологи и, в первую очередь, систематики должны позаботиться об их выявлении и внести их в «Красную Книгу», чтобы обеспечить им надежные охранные меры.

Наконец, громадную роль в осуществлении всех мероприятий по охране природы, в повседневном их выполнении, должно сыграть развитие в сознании всех людей ноогенических идей, т. е. идей вдумчивого отношения ко всем нашим действиям в природе и сельском хозяйстве. Без завоевания идеями охраны природы умов и сердец всех слоев человеческого общества — от сельского жителя до широких кругов горожан — и без заботливого внимания людей к полям, лугам, паркам, лесам и водным бассейнам как при исполнении своих служебных обязанностей, так и во внеслужебных условиях, самые идеальные законы и постановления не дадут надлежащего эффекта.

Надо, чтобы наши лучшие силы, наиболее компетентные ученые и практические работники, школьные и вузовские преподаватели, все широко мыслящие люди повернулись лицом к проблеме бережного использования и охраны природы, как острой и сложнейшей задаче, стоящей перед современным человечеством.

Здесь следует напомнить, что вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов и учреждения заповедников привлекали к себе внимание В. И. Ленина еще на заре существования нашего государ-

ства, когда был принят ряд важных правительственных постановлений. И ныне охрана и рациональное использование природы все более становится предметом внимания высших государственных органов¹.

Очевидно, что внимание к вопросам охраны природы, к бережному и разумному отношению к ней надо развивать уже со школьных лет. Между тем в современных школьных учебниках и программах этому не уделяется еще должного внимания. Необходимо также вопросы теории и практики охраны природы сделать неотъемлемой частью многих вузовских дисциплин, как биологического профиля, так и тех, которые связаны с использованием природных ресурсов, с сельским и лесным хозяйством. Примером полезной инициативы в этом направлении может служить проведение в Томске специальной конференции, рассмотревшей целесообразность включения в программы высшей и средней школы курса лекций по охране природы².

Естественно также, что большая роль должна отводиться научной разработке вопросов теории охраны природы как неперменной основы для законодательства и рационального развития соответствующих отраслей производства.

Природа вообще и живая природа в особенности — вечный источник познания, здоровья и человеческих радостей. Отношение человека к природе может служить мерилем его культуры, степени его полноценности как гражданина, как человека. Поэтому успехи человечества в деле охраны природы дадут громадный эффект — не только предохранят от гибели природу, но и будут способствовать расцвету человеческой личности, развитию высоких моральных принципов.

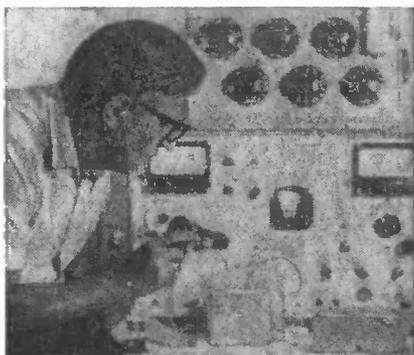
УДК 595.7

¹ Примером тому может служить недавно подписанное соглашение между нашим и американским правительствами об охране окружающей среды. (Прим. ред.)

² См. Б. Г. Иоганзен. В сб.: Научные основы охраны природы и их преподавание в высшей и средней школе. Изд. Томск. ун-в., Томск, 1970.

Сигналы у растений

А. М. Синюхин
Кандидат биологических наук



Алексей Михайлович Синюхин, научный сотрудник Всесоюзного института лекарственных растений (ВИЛР). Физиолог растений. Автор ряда научных работ в области раздражимости растений, а также изобретений и приборов для регистрации биопотенциалов у высших растений.

Растения обладают специфическим свойством — раздражимостью. Раздражимость есть свойство клеток, тканей и органов особым образом изменять свое внутреннее состояние и внешние реакции в ответ на воздействия самых разнообразных факторов внешней среды, объединяемых в этом смысле общим названием раздражителей.

В основе раздражимости лежит высокая чувствительность протоплазмы и всех внутриклеточных органелл к любым физическим и химическим воздействиям. В процессе эволюции раздражимость растений развивалась и совершенствовалась в соответствии с усложнением организации растений и изменениями внешней среды и приобрела сложные формы у современных высших растений.

Растение состоит из взаимосвязанных клеток, тканей и органов. Целостный организм растения может существовать и развиваться в условиях непрерывно меняющейся среды, во-первых, только при согласованном функционировании всех его клеток, тканей и органов и, во-вторых, только при непрерывном уравнивании растения с внешним миром. Координация внутренних процессов и уравнивание со средой протекают в тесной связи с раздражимостью.

Огромный экспериментальный материал, накопленный в наши дни, свидетельствует, что основные законы раздражимости — состояние невозбудимости после возбуждения, суммация подпороговых раздражений и т. п. — развились в растительном и животном мире в протоплазматических структурах еще до морфологи-

ческой дифференциации нервных тканей. Эти протоплазматические возбудимые структуры объединяли тело донервных организмов и регулировали их взаимодействие со средой.

Ответная реакция тканей и органов может быть местной и распространяющейся. Распространяющиеся реакции могут иметь диффузный и импульсный характер. Импульсное возбуждение наиболее характерно для нервных тканей, где оно выполняет определенную функцию — является носителем информации об изменениях в окружающей обстановке. Импульс, т. е. сигнал, распространяется от возбудимых клеток вдоль всего органа и определяет характер ответной реакции организма. До последнего времени считалось, что у растительных организмов исключена форма проводящего импульсного возбуждения.

Передача импульсов у растений осуществляется проводящими пучками

Когда в начале нашего века физик Джагдиш Чандра Бос из Калькутты прислал в Англию статью с просьбой ее опубликовать, президент Лондонского Королевского общества Дж. Бердон-Сандерсон высказался против. Он заявил, что все результаты взяты автором с потолка, ибо того, о чем сообщает Бос, быть не может.

В статье Боса, впоследствии одного из крупнейших ученых нашего века, говорилось об одном из явлений в жизни растений. Экспериментатор пытался проникнуть в координирующую

систему ответных реакций так называемых «чувствительных» растений, к которым относятся мимоза, биофитум, десмодиум. Он обратил внимание, что эти растения не так уж медлительны в ответных реакциях на внешние воздействия, как это кажется с первого взгляда.

Босу тогда пришлось опубликовать эту статью, а впоследствии и монографию, на свои средства. Позже ему удалось создать один из крупнейших научных центров в Индии. С помощью чувствительных приборов, которые он сам сконструировал, Бос открыл быстро распространяющиеся импульсы, сигналы у некоторых чувствительных растений, в частности у мимозы. Об этих импульсах у растений было известно и до Боса, но их объясняли исключительно гидродинамическим ударом, который возникает в проводящей системе растений при их повреждении.

Действительно, при грубом механическом или химическом воздействии возникают нарушения в едином водяном «столбе» клеток проводящей системы, и растения на это реагируют. Быстро передающиеся реакции Бос зарегистрировал с помощью электрофизиологической чувствительной аппаратуры без грубого повреждения растения. Внешние раздражители (механические, физические, химические) действуют не только в месте возникновения — они затем передаются по всему растению (рис. 1). Скорость передачи в известных пределах возрастает с увеличением интенсивности раздражения, с повышением температуры, а также в зависимости от предшествовавших возбуждений. Однако, если растение устает, то скорость передачи понижается.

Распространяющаяся реакция идет в обоих направлениях, от вершины стебля к корням, и наоборот, но не всегда с одинаковой скоростью. Передача возбуждения — не просто гидродинамическая, а более сложного характера, сопровождающаяся более глубоким внутренним изменением клеток и тканей.

Бос установил наличие рефлекторской дуги у таких растений, как мимоза и биофитум. Возбуждаясь, сенсорные клетки генерируют импульсы, которые достигают моторных клеток

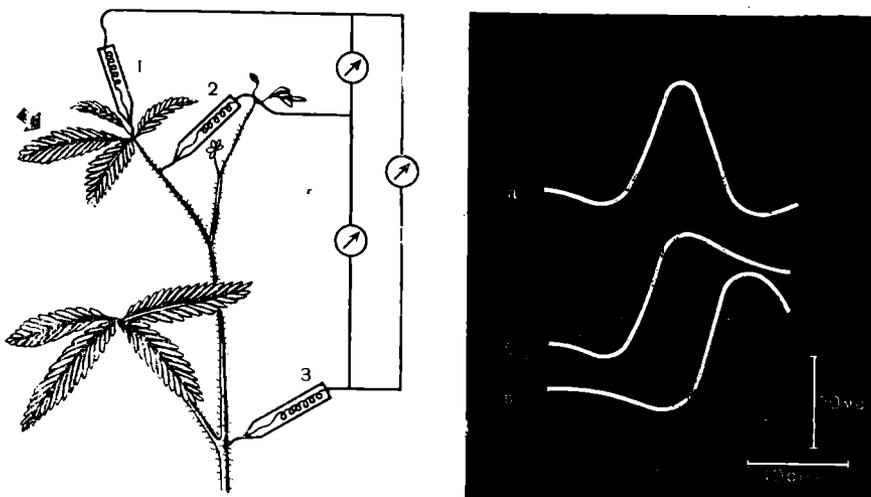


Рис. 1. Распространяющийся биоэлектрический импульс у мимозы. а — импульс, зарегистрированный электродами 1—2; б — импульс, зарегистрированный электродами 2—3; в — импульс, зарегистрированный электродами 1—3. По сдвигу максимума импульса от электродов 1, 2 и 3 видно, как импульс распространяется вдоль стебля мимозы. Стрелкой указано место раздражения. (По Д. Босу, 1964.)

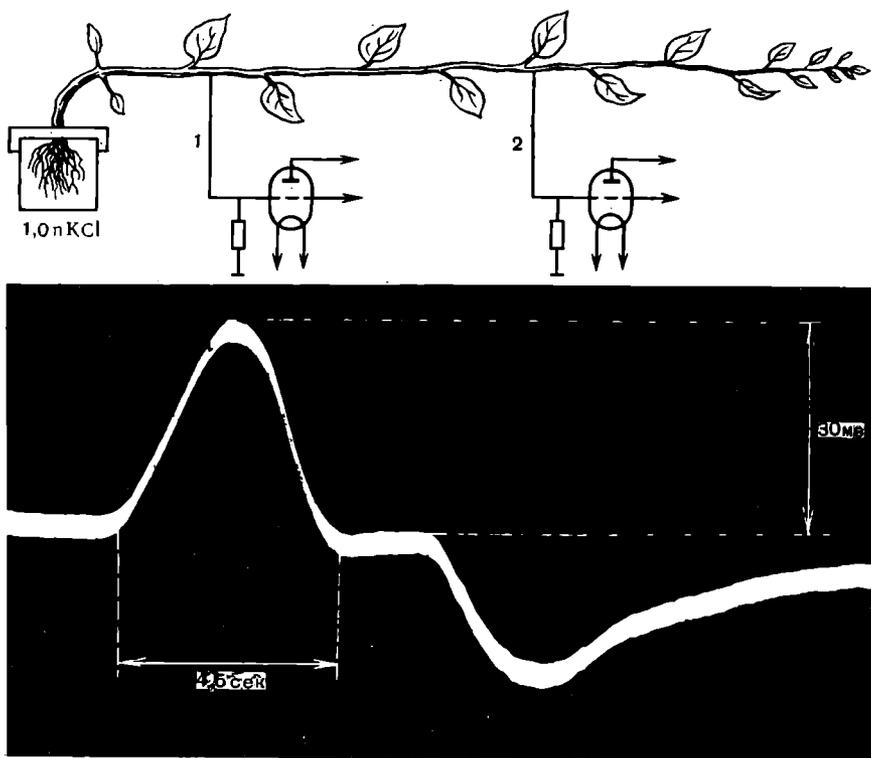


Рис. 2. Распространяющийся импульс в проводящем пучке (флоэме) стебля тиквы. Двухфазная регистрация. Раздражитель — соль KCl — наносился на корневую систему. Потенциал действия регистрировали у третьего и четвертого междоузлия. Вначале импульс регистрируется у 1-го электрода, а затем — у 2-го.

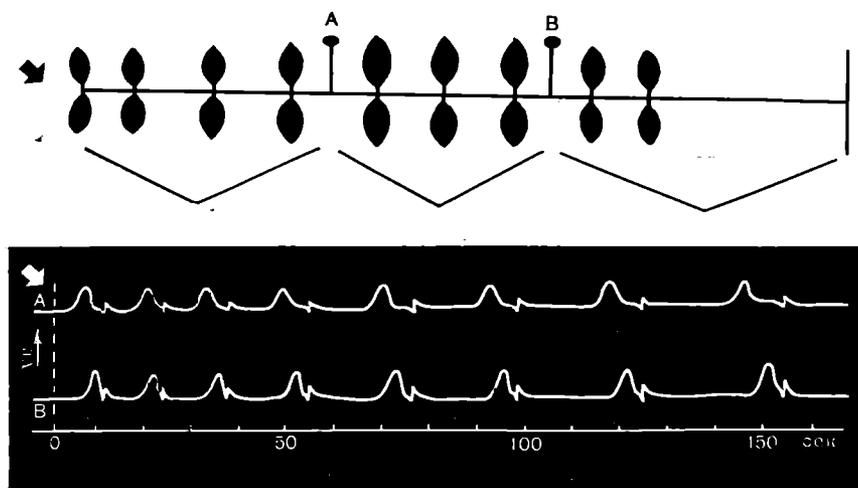


Рис. 3. Ритмика биопотенциалов, вызывающая движения листочков биофитума. На осциллограмме отчетливо видна ритмичная волна возбуждения (А и В), которая сопровождается незначительными последующими колебаниями потенциалов, вызванными непосредственно сокращениями листочков. Стрелкой указано место раздражения. — VE — потенциал действия. (По А. Датт, Б. Гухатхакурт, 1969)

и возникает ответная двигательная реакция: лист под влиянием внешнего воздействия складывается и опускается¹.

Поразительные скорости реакций наблюдаются при ловле насекомых у насекомоядных растений, при опылении и при тропизмах. Многие из этих резкий, особенно у тропических растений, протекают практически «мгновенно». Все мы в детстве поражались движением листьев мимозы при прикосновении к ним. Бос показал, что закрывание листочков и опускание листьев вызывает биоэлектрический сигнал, который возникает в месте раздражения тканей и распространяется вдоль растения по проводящей системе. Если преградить путь импульсу, скажем, локальным наложением хлороформа, листочки не закрываются.

Передача импульса возбуждения у растений представляет собой распространение протоплазматического возбуждения, аналогичного импульсу в нервных клетках.

Шли годы. Исследования Боса по ответной реакции чувствительных растений не были опровергнуты, но при анализе целостности растительных организмов и координации их процессов в приспособительных явлениях к окружающей внешней среде не принимались во внимание.

Забвению отмеченного Босом явления способствовало то обстоятельство, что оно было зарегистрировано у тропических и субтропических чувствительных растений. Эти растения способны двигаться, душить другие растения, с необычайной скоростью ловить насекомых, и в то же время не реагировать на капли дождя и мертвые частицы, цепляться усиками за инородные тела, но не реагировать на ткани собственного растения, активно прятаться от солнца, выстреливать созревшие семена и т. п. Они поражали необычайной формой, для них допускали самые необычные отклонения от «нормальной» физиологии. Отмеченное же Босом для этих растений явление не распространялось на обычные растения, населяющие континенты, моря и океаны. Считалось, что подорожник и лилии, липа и папоротник, водоросли и грибы не способны генерировать и прово-

дить импульсы в ответ на внешние воздействия. Все их взаимоотношения между клетками, тканями и органами обусловлены исключительно передачей органических и неорганических веществ, воды и метаболитов, в том числе физиологически активных веществ.

Микроэлектродная техника позволила провести детальные и длительные исследования по электрофизиологическим характеристикам проводящих систем растений. В 1959 г. в электрофизиологической камере Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева впервые удалось зарегистрировать распространяющийся биоэлектрический импульс у проводящего пучка тыквы (рис. 2). Биоэлектрические импульсы возникают под влиянием различных химических (гербициды, стимуляторы и т. п.) и физических (механические, температурные) факторов. Детальный анализ этого импульса показал, что по своей физико-химической природе он аналогичен нервному импульсу. В дальнейшем импульсы были зарегистрированы у фасоли, подорожника, липы, кукурузы, гороха и многих других растений.

Полученные результаты позволили сформулировать рабочую гипотезу о возможности генерации и распространения потенциала — электрических импульсов — тканями любого высшего растения. Импульсы принимают активное участие в целесообразном характере ответных реакций растений в ответ на внешние воздействия. Именно эти импульсы и передают сигнал в проводящем пучке растения из корневой системы в точку роста об изменениях условий, и наоборот.

В настоящее время обнаружены и описаны потенциалы действия у многих семейств: бобовых, вьюнковых, молочайных, пасленовых, гречишных и др. Поступают сообщения, что потенциалы действия в растительных организмах — это не остаточное явление реакций растений на внешние раздражения, которое пассивно отражает осмотические и иные процессы, возникающие в тканях при ответных реакциях; генерация потенциалов действия не просто заложена у растительных клеток в «возможности», но используется в передаче информации

¹ Дж. Ч. Бос. Избранные произведения по раздражимости растений. М., «Наука», 1964.

от одного органа к другому при распространяющихся ответных реакциях¹. Листья таких «чувствительных» растений, как мимоза, биофитум и десмодиум, осуществляют моторную реакцию, т. е. изменяют свое положение в пространстве, исключительно под влиянием ритмической волны возбуждения (рис. 3). Без этой волны возбуждения листочки не складываются и не опускаются.

Участие импульсов в ответной реакции растений

И, что особенно интересно, скорости одновременно распространяющихся потенциалов действия от корня к верхушке растений и обратно по тому же проводящему пучку оказались разными. При воздействии температурой на лист, например батата, потенциал действия распространяется только к корням, при воздействии гетероауксином на тот же лист потенциал действия распространяется и к корням, и к верхушке. Аналогичные явления наблюдаются у мимозы и других чувствительных растений. Проводящая система не только регулирует скорость, но активно определяет направление распространения потенциала действия. Местное охлаждение проводящих тканей, например, у винограда, останавливает распространение импульса. При действии постоянным током на ткани мухоловки она «не чувствует» насекомого, но стоит снять воздействие, как насекомое мгновенно окажется в плену. Импульс чувствительных клеток, на которые воздействует насекомое, передается ловчому аппарату, и доныча — тут как тут. После того как насекомое поймано, импульсы не возникают. Не возникают импульсы и от капель дождя, от ударов песчинок; усики многих растений не изгибаются при прикосновении с органами того же растения, в этом случае потенциалы действия также не возникают. Но усики мгновенно прикрепляются к инородному телу — в этом случае при механическом касании возникают потенциалы действия.

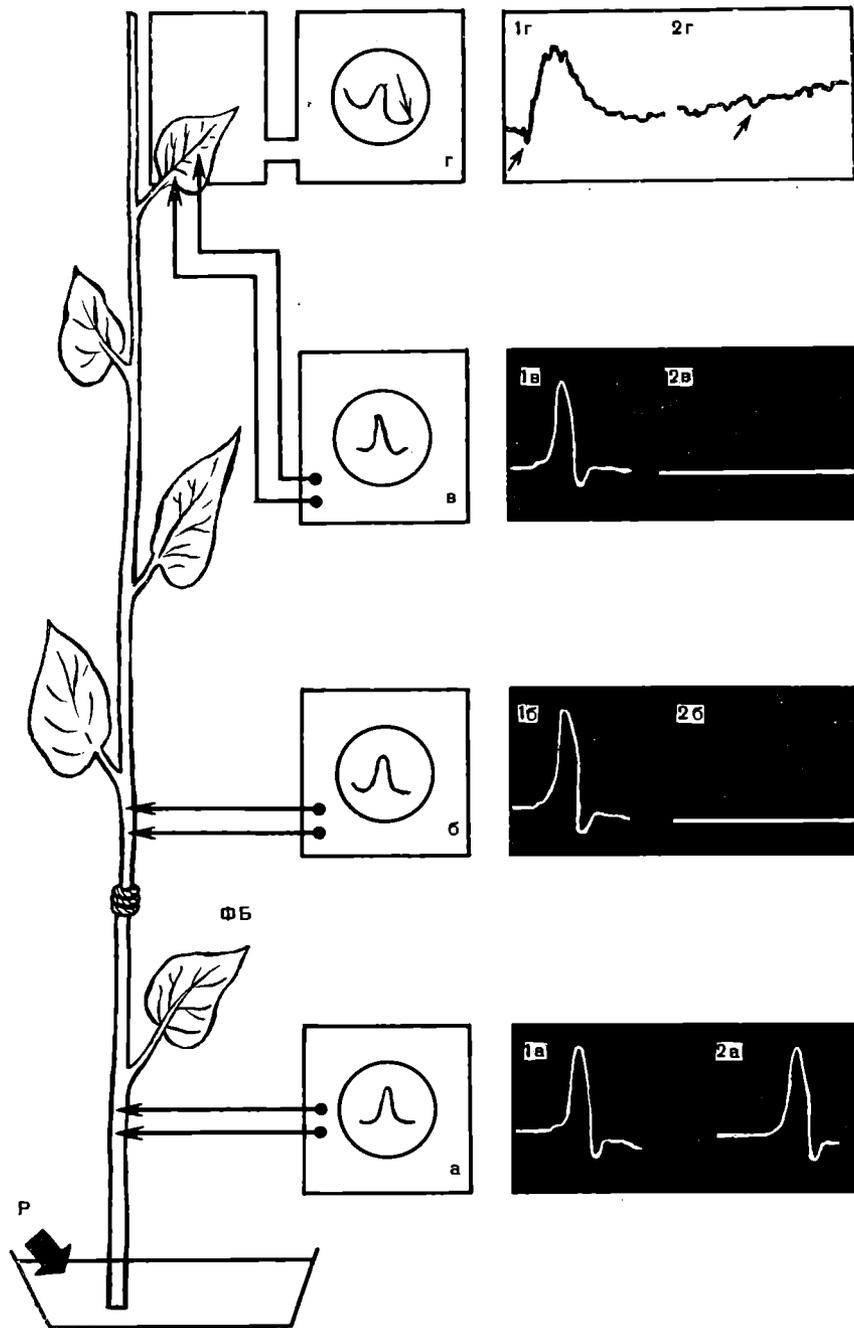


Рис. 4. Схема передачи потенциала действия по проводящему пучку от места раздражения (P) к листу на противоположном конце стебля. В ответ на внесение раздражителя усилители постоянного тока (а, б, в) регистрируют потенциалы действия (1, а, б, в). В ответ на воздействие потенциала в листе меняется интенсивность дыхания (1, г), регистрируемая газоанализатором (г). При наложении физиологического блока (ФБ) на ткани проводящего пучка потенциал действия регистрируется только усилителем постоянного тока (а). Выше блока усилители (б, в) потенциалов действия не регистрируют (2, б, в). Газоанализатор не регистрирует каких-либо изменений интенсивности дыхания.

¹ А. Б. Коган. «Электрофизиология. М., «Высшая школа», 1969.

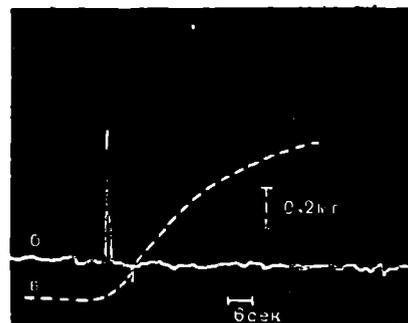
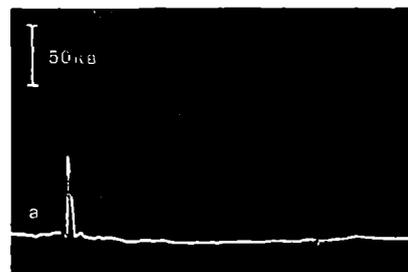
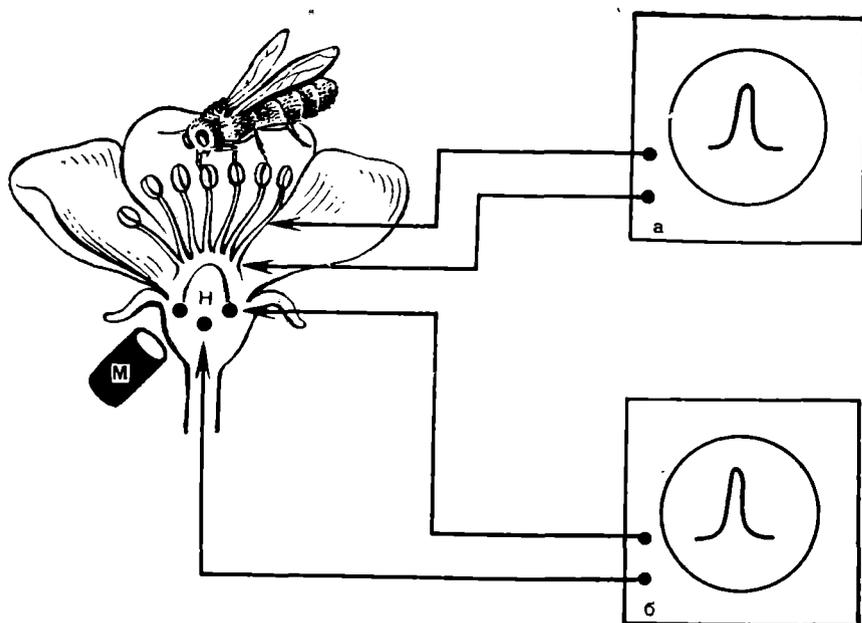


Рис. 5. Принципиальная схема стимуляции выделения нектара под влиянием потенциала действия, вызванного механическим раздражением. Прикосновение насекомого вызывает в тканях цветка импульс, регистрируемый усилителем постоянного тока а. Импульс достигает секреторных клеток, и нектарники возбуждаются (осциллограмма б). Наблюдения с помощью микроскопа (М) регистрируют стимуляцию выделения нектара (Н) в момент достижения максимума импульса (кривая в).

Импульс как сигнал в системе координации физиологических процессов

Функциональная роль потенциалов действия особенно отчетливо проявляется в модельном опыте на изолированном проводящем пучке. В этом случае легко проследить место возникновения импульсов, характер их распространения и особенности вызванных ими реакций. Если один конец изолированного проводящего пучка погрузить в раствор сахарозы, в противоположном конце усиливается дыхание тканей (рис. 4). Наблюдаемый эффект характеризуется рядом специфических особенностей. Во-первых, дыхание на другом конце сосудистого пучка возбуждается в результате раздражения нижнего конца пучка, которое и передается по всей длине пучка. Во-вторых, возбужденное состояние обратимо и непродолжительно. В-третьих, интенсивность дыхания на противоположном конце

стебля изменяется не вследствие соприкосновения клеток с сахарозой, а предшествует непосредственному поступлению ее в эти части стебля. Почему у клеток противоположного конца проводящего пучка интенсивность дыхания усиливается, если к ним еще не поступила сахароза, а только коснулась этого эффекта с электрофизиологическими явлениями в проводящем пучке? Микроэлектродная регистрация показала, что от места раздражения и далее на протяжении всего пучка распространяются потенциалы действия. Автоматическая аппаратура показала, что интенсивность дыхания у удаленных тканей усиливается исключительно под влиянием потенциалов действия¹.

Электрофизиологическое исследование проводящих пучков растений обнаружило, что они имеют две функции: первая — проведение вещества, вторая — проведение импульса. Волна биоэлектрической ак-

тивности, т. е. потенциал действия, распространяется вдоль проводящего пучка со скоростью 20—70 см/мин. Достигая противоположного конца проводящего пучка потенциал действия вызывает изменения в электрофизиологическом состоянии тканей, что, в свою очередь, приводит к изменениям интенсивности дыхания. Таким образом, источником распространяющейся реакции, т. е. сигналом информации о воздействии на растительный организм внешних факторов, служит не непосредственное распространение самого воздействующего вещества или его метаболита, а физико-химическая волна возбуждения, биоэлектрический импульс¹.

При наложении на проводящий пучок кусочка льда, капелек эфира и т. п. импульс останавливается. В этих случаях эффекта в изменении интенсивности дыхания не наблюдается, т. е. интенсивность дыхания у да-

¹ И. И. Гунар, А. М. Синюхин. «Физиол. растений», т. 10, 1963, вып. 3.

¹ Guha A. Thakurta, B. K. Dutt. «Science and culture», v. 32, 1966, № 9, pp. 454—56; T. Sibaoka. «Annual Rev. Plant Physiol.», v. 20, 1969, pp. 165—85.

Таблица 1

Изменение газового обмена листа под влиянием потенциалов действия (ПД), возникающих в корневой системе тыквы

Тип воздействия	Скорость ПД в см/мин	Изменение газового обмена в % от начального
10 ⁻³ М сахараза	69	11,5
10 ⁻³ М хлористый калий	55	10,2
10 ⁻² М 2,4Д (гербицид)	20	15,3
10 ⁻² М гибберелловая кислота (стимулятор)	39	11,5

леко расположенных тканей не изменяется. Как только «блокада» снимается, импульс сразу достигает далеко расположенные ткани и аппаратура регистрирует изменения интенсивности дыхания¹. Биофизические методы показали, что меняется не только интенсивность дыхания под влиянием импульсов, индуцируются кратковременные изменения изoeлектрических точек белков протоплазмы, изменяется характер радикалообразования окислительных процессов и происходит перераспределение рибонуклеиновой кислоты (табл. 1).

При опылении растений также наблюдаются явления, связанные с распространяющимися реакциями. Как только насекомое садится на цветок, от места соприкосновения лапок с лепестками возникает импульс, который достигает секреторных клеток и вызывает появление капелек нектара (рис. 5).

У некоторых цветов имеется удивительное приспособление для ловли пыльцы. Рыльца разделены на лопасти, и они активно захлопываются как только на них падает пыльца. Сигналом появления пыльцы во влажных лопастях рыльца являются импульсы. Если на лопастях рыльца оказывается пыльца, они больше не раскрываются, а импульсы распространяются вдоль всего растения, вплоть до корневой системы.

Импульсы и процессы жизнедеятельности растений

Потенциалы действия, возникающие у проростка гороха в естественных условиях под влиянием механического давления почвы, могут служить стимулом для выделения тканями этилена, контролирующего рост проростка в толщину. Характер влияния биоэлектрических импульсов у растений на активацию физиологических процессов у растений по данным многих авторов иллюстрирует табл. 2.

Наибольшую трудность при регистрации распространяющихся импульсов исследователи встретили у древесных и кустарниковых растений из-за их толстой коры, тщательно укры-

¹ А. М. Синюхин. «Известия ТСХА», 1964, стр. 59—70, № 3.

Таблица 2

Влияние потенциалов действия на активацию физиологических процессов у растений

Растение	Активируемый процесс
тыква	генерация импульсной формы возбуждения в проводящем пучке активация интенсивности дыхания и фотосинтеза перераспределение биологически активных веществ
десмодиум	индукция ритмически повторяющихся физиологических процессов стимуляция внутриклеточных ионных потоков индукция внутриклеточного осмотического сокращения в листовой подушечке активация моторной активности в листовой подушечке
кукуруза	индукция физиологических процессов при опылении и оплодотворении
лилии и инкарвиллея	индукция физиологических процессов при опылении
мимоза, виноград, батат	передача ответной распространяющейся реакции при внешнем воздействии
кукуруза	активизация координирующих процессов в организме
липа	стимуляция выделения нектара
свекла	индукция интенсивного радикалообразования
горох	индукция выделения этилена, контролирующего рост стебля в толщину

Таблица 3

Электрофизиологическая характеристика генеративных почек яблони

Сорт	Зимостойкость на Урале	Скорость ПД, см/сек
Пепин шафранный	незимостойкий	1,2—2,3
Уральское наливное	зимостойкий	2,6—3,4
Исилькульский	высокозимостойкий	2,6—3,4

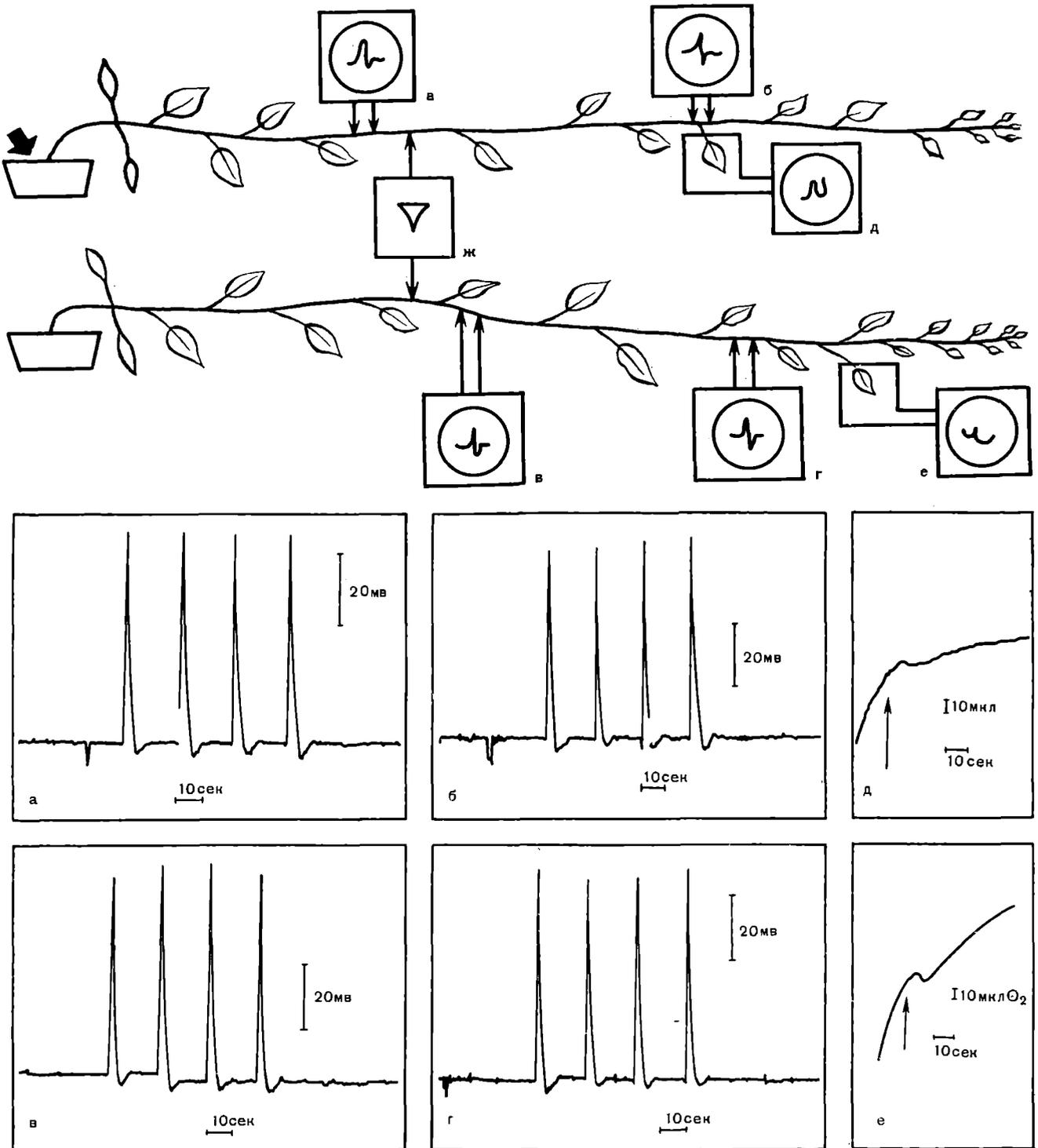


Рис. 6. Схема переброски потенциалов действия от одного растения к другому с помощью специальной сигнальной электронной аппаратуры. Потенциалы действия вызывались внесением KCl на корневую систему первого растения. а — импульсы 3-го междоузлия 1-го растения; б — импульсы 6-го междоузлия 1-го растения; в — импульсы 3-го междоузлия 2-го растения; г — импульсы 6-го междоузлия 2-го растения; д — изменение интенсивности дыхания у 2-го растения; ж — установка для переброски потенциала действия от одного растения к другому без изменения его формы и величины.

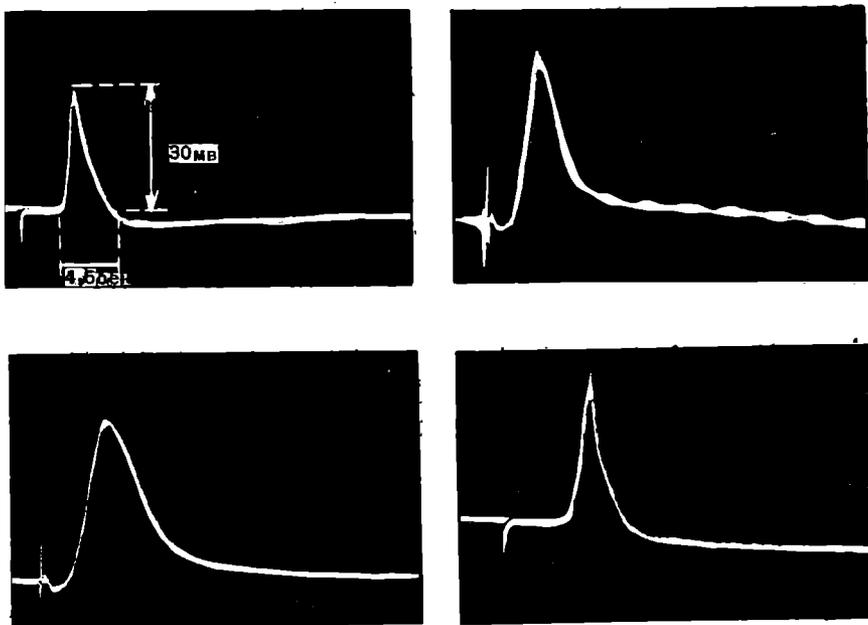


Рис. 7. Потенциалы действия, возникающие в ответ на внешнюю стимуляцию через 1, 3, 4 и 5 дней после введения микроэлектрода во флоэмную клетку липы (По А. М. Ситюжину и Г. А. Молоток, 1968).

вающей внутренней ткани. Однако в проводящей системе почек яблони также зарегистрированы импульсы (табл. 3). Характер их распространения зависел от физиологического состояния дерева. У зимостойких сортов характер импульса и его распространение отличается от незимостойких сортов. По осциллограмме ответной реакции можно было судить о готовности почек к зиме. При вживлении микроэлектродов в ткани дерева ответную биоэлектрическую реакцию можно регистрировать в течение многих дней (рис. 7). Это открывает новые возможности в диагностике жизнеспособности древесных растений.

Наконец, удалось с помощью специальной электронной аппаратуры «перебросить» импульс от одного растения к другому. При передаче потенциала действия от одного растения к другому у обоих растений был прослежен характер изменения распространяющейся реакции. В этом случае у второго растения, на которое не наносили каких-либо раздражений, отсутствовало распространение гидродинамического удара и распространение веществ от места воз-

действия, тем не менее изменение физиологических процессов в тканях второго растения были такими же, как и у первого. Как в первом растении, так и во втором растении кратковременные быстрые и обратимые изменения в интенсивности дыхания далеко расположенных тканей вызывались исключительно под влиянием набегающей волны возбуждения, т. е. под влиянием потенциала действия (рис. 6).

Сигнал от луча солнца передается тканям стебелька с необычайной скоростью, и стебелек начинает изгибаться к источнику света. Возникает рефлекторная дуга. Освещенная верхушка стебелька, возбуждаясь, вызывает импульс, который начинает распространяться вдоль тканей. Когда импульс достигает моторных клеток, возникает изгиб стебелька. Электрофизиологические явления являются первичными, за ними происходят глубокие цитофизиологические реакции, в частности перераспределение биологически активных веществ. Впервые эти явления изучали Н. Г. Холодный и Ф. Вент. Анализ этих явлений привел к открытию гормонов у растений.

Электрофизиологические исследования позволили открыть новые, ранее не известные явления в жизнедеятельности растений. Оправдываются замечательные слова И. П. Павлова: «У растений нервная система еще не выделена в особую ткань, и принцип, функция ее распределена, разлита по всем клеткам... Идя путем объективных исследований, мы постепенно дойдем до полного анализа того беспредельного приспособления во всем объеме, которое составляет жизнь на земле. Движение растений к свету и отыскивание истины путем математического анализа — не есть ли в сущности явления одного и того же рода? Не есть ли это последние звенья почти бесконечной цепи приспособлений, осуществляемых во всем живом мире?»¹. Проводящие пучки растительных организмов осуществляют не только передвижение веществ, но также осуществляют передачу биоэлектрических импульсов. Это явление лежит в основе координации процессов жизнедеятельности растительного организма.

А. Л. Курсанов, подведя итоги современного состояния физиологии растений, пишет: «Серьезного внимания заслуживают исследования явления раздражимости у растений — прежде эти исследования осуществлялись главным образом применительно к животным организмам. Раздражимость и способы ее передачи в растениях изучаются теперь с помощью весьма совершенных методов, и это шаг за шагом раскрывает сложную картину реагирования растений на изменение внешних условий. Это помогает также понять принципы координации деятельности отдельных частей организма, что основано на передаче раздражения на расстояние с помощью биоэлектрических импульсов. Таков новый теоретический задел: он послужит для дальнейшего усовершенствования практических приемов управления жизнедеятельностью растений»².

УДК 581.1

¹ И. П. Павлов. Сочинения, т. 3, 1951, стр. 38.

² А. Л. Курсанов. «Коммунист», 1964, № 6, стр. 103.

Перспективы экспериментальных исследований атомного ядра

В конце 1971 г. в Дубне состоялась IV международная конференция по физике высоких энергий и структуре ядра, в которой приняли участие многие известные ученые Советского Союза и зарубежных стран. В программу конференции входило обсуждение ряда вопросов: рождение частиц и резонансов на ядрах; взаимодействие барионов с ядрами; экзотические атомы; связь слабых и электромагнитных взаимодействий со структурой ядра; новые ускорители и др.

Наши корреспонденты З. Л. Позниовский и В. П. Крайнов попросили ученых разных стран ответить на несколько актуальных вопросов, связанных с темой конференции. Ответы для читателей «Природы» любезно согласились дать: профессор В. Бейш [Техническая высшая школа, Цюрих, Швейцария], профессор Ц. С. Ву [Колумбийский университет, Нью-Йорк, США], профессор Р. Глаубер [Гарвардский университет, Кембридж, США], доктор физико-математических наук Я. А. Смородинский [ИАЭ им. И. В. Курчатова, Москва, СССР], профессор В. Г. Соловьев [ОИЯИ, Дубна, СССР], профессор Ж. Тейяк [Центр ядерных исследований, Сакле, Франция], профессор Х. Фешбах [Массачусетский технологический институт, Кембридж, США] и профессор Т. Эрикссон [ЦЕРН, Швейцария].

Вопрос. Какие, по Вашему мнению, направления наиболее перспективны в изучении структуры ядра?

В. Г. Соловьев. Атомное ядро представляет собой весьма сложную систему, характеризующуюся большим числом степеней свободы. Для изучения строения ядра необходимо применять различные экспериментальные подходы. Они основаны на физических процессах, связанных с сильными, электромагнитными и слабыми взаимодействиями.

На основе данных о свойствах ядерных состояний можно сделать вывод, что низколежащие энергетические состояния ядер оказались существенно более сложными, чем это вытекало из наших представлений, сформулированных в последние годы. Поэтому для дальнейшего изуче-

Фото Н. Горелова.

ния структуры низколежащих состояний и продвижения к большим энергиям возбуждения следует проводить комплексное исследование, сочетающее методы α -, β - и γ -спектроскопии с прямыми ядерными реакциями, использующими монохроматические пучки большого числа частиц вплоть до тяжелых ионов.

Х. Фешбах. В исследовании структуры ядра существует несколько перекрывающихся направлений, именно в них и следует ожидать важных открытий.

Одно из направлений связано с применением пробных частиц высоких энергий, например фотонов, электронов¹, протонов и нейтронов. Для

¹ См. Р. Хофштадтер. Структура частиц и их взаимодействия. «Природа», 1965, № 1; В. Г. Соловьев. Структура атомного ядра. «Природа», 1965, № 3.

получения высокоэнергичных пучков таких частиц необходимы мощные ускорители. Высокоэнергичные частицы имеют малую длину волны де Бройля — меньшую, чем размеры ядра. Поэтому при помощи таких частиц можно изучать детали пространственной структуры ядра, области с различной ядерной плотностью.

Второе направление связано с использованием новых пробных частиц: пионов, каонов и т. д. Они возникают как вторичные продукты при столкновении обычных частиц высокой энергии с ядром. С их помощью можно наблюдать новые, ранее недоступные детали ядерной структуры.

Еще одно очень важное направление заключается в использовании пучков тяжелых ионов для бомбардировки ядер¹. При центральных соударениях оба ядра сжимаются, что позволяет исследовать сжимаемость ядерного вещества. Становится возможной передача большого количества нуклонов. При этом образуются новые ядра. Изучение состояний, в которых они образуются, даст нам обширную информацию о структуре ядра.

Р. Глаубер. Сначала структуру ядра исследовали при помощи электронов: бомбардируя электронами ядра, изучали электромагнитные взаимодействия. Однако электрон не слишком больших энергий «чувствует» ядро как целое; поэтому такой эксперимент дает мало сведений о структуре. Затем стали применяться сильно взаимодействующие частицы. Раньше их боялись применять, так

¹ См. Г. Н. Вялов. Ускоритель тяжелых ионов. «Природа», 1966, № 10.

как не была ясна природа сильного взаимодействия. Мы находимся только в самом начале этого многообещающего пути.

Ж. Тейяк. Несмотря на то что более 60 лет физики работают в области структуры ядра, эта проблема еще далека от решения. Однако различные теоретические методы позволили объяснить многие экспериментальные факты. Наиболее удивительно, что для объяснения известных фактов не существует единой теории. Ядро сравнивается с различными макроскопическими системами: с газом, жидкостью и т. д. Каждая из моделей приносила определенный успех.

Не вызывает сомнений, что применение частиц высоких энергий для исследования ядра — практически неиспользованная область, таящая в себе, по моему мнению, неисчерпаемые возможности. Наиболее перспективны в этом отношении, по-видимому, мезоны и гипероны.

Другой плодотворный путь для исследования структуры ядра и ядерных взаимодействий — бомбардировка ядер тяжелыми ионами. Я думаю, что эти реакции дадут такие новые результаты, которые будет трудно понять с точки зрения существующих теорий.

Применяемые сегодня методы исследования структуры ядра не теряют, однако, своего значения. Так, успешные работы по ядерной спектроскопии позволяют изучать многие новые возбужденные состояния ядер и стимулируют разработку новых интересных теорий.

Т. Эрикссон. Наиболее перспективны те направления, где мы изучаем ядра в условиях, отличающихся от стандартных. Поэтому, например, очень важно исследовать ядро с помощью новых частиц, таких как мезоны, поскольку здесь участвуют различные типы взаимодействий. Интересные возможности открываются также при исследовании гиперядер¹. Эти исследования связаны с развитием техники высоких энергий.

Другое направление — это изучение неизвестных ранее необычных

¹ Ядра, в состав которых кроме нуклонов входят и гипероны.



Профессор В. Г. Соловьев (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, СССР).

ядер, таких как сверхтяжелые элементы или ядра с избыточным числом нейтронов или протонов. Оба эти направления потребуют существенного пересмотра нынешних теоретических воззрений, но именно таким путем развивается наука.

Ц. С. Ву. В научных исследованиях всегда полезно вторгаться в новые области или применять новые подходы. Изучение структуры ядра с помощью элементарных частиц промежуточных и высоких энергий — пионов, мюонов и тяжелых ионов — расширило наши экспериментальные возможности и позволило изучать тонкие детали ядерной структуры.

Я. А. Смородинский. Я думаю, что выделить какое-либо одно направление нельзя. Все методы изучения ядра показывают, что оно представляет собой очень сложную систему, с которой придется еще много повозиться, пока станут ясными хотя бы основные закономерности.

Однако мне кажется, что изучение взаимодействия электронов, мюонов и фотонов с атомными ядрами дадут результаты, которые будет легко интерпретировать, так как законы элект-

родинамики мы знаем лучше других.

Вопрос. Какое место занимают в настоящее время экзотические атомы и ядра (новые элементы, мезоатомы и гиперядра) в понимании картины микромира?

Ж. Тейяк. Под экзотическими атомами понимается система, состоящая из атома, внутри которого могут находиться мюоны или адроны (антипротоны или гипероны). Соответственно этому атом называется мюонием¹ или адронием. Физики дают волю своему воображению и представляют различные, еще более экзотические системы, и, что наиболее удивительно, эти воображаемые системы уже изучаются при помощи очень точных методов. Таким образом, наши представления, что атом состоит из ядра и электронов, теперь значительно расширены, и спектроскопия дала подтверждение этим новым представлениям.

В общем случае когда открывается новый закон, важно найти исключения и ограничения действия этого закона. Только найдя границы действия этого закона, можно определить точную область его применения. Так, до сих пор не установлена граница применения электромагнитных взаимодействий, которые управляют атомом. Экзотические ядра и атомы дают возможность исследовать эти границы. Если, например, мы имеем адроний, то, наблюдая электромагнитные переходы между энергетическими уровнями, на которых находятся составляющие его частицы, мы можем изучить свойства очень сложного спектра адрония. Поскольку масса адрона отличается от массы электрона, мы можем изучать в экзотических атомах такие энергетические уровни, которых нет в обыкновенном атоме.

Х. Фешбах. Экзотические атомы и ядра, которые в настоящее время могут быть получены, говорят нам очень много о ядрах и элементарных частицах, из которых они состоят. Они позволяют исследовать поверхность ядра, в частности плотность протонов и нейтронов в поверхност-

¹ См. В. И. Гольданский. Самые легкие и самые тяжелые атомы. «Природа», 1969, № 2.



С л е в а — профессор Х. Фешбах (Массачусетский технологический институт, Кембридж, США); с п р а в а — доктор физико-математических наук Я. А. Смородинский (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, СССР).

ной области. Что касается элементарных частиц, то, поскольку они движутся в известном кулоновском поле, мы можем узнать их массу, а также изучить их электрические и магнитные свойства. Например, можно будет измерить магнитный момент антипротона и сигма-минус-гиперона. Возможно, удастся изучить и другие свойства элементарных частиц, например поляризуемость.

Р. Глаубер. В настоящее время мы столкнулись с тем, что количество нестабильных частиц все время растет. Такие частицы мы не можем ускорять или направлять в необходимое место в лабораторной установке. Единственное, что мы можем, это наблюдать что-либо интересное, пока они живут. Мы можем исследовать различные квантовые состояния экзотических атомов. Переходя из одного возбужденного состояния в другое, атом излучает γ -кванты. По энергии этих квантов можно судить о разности энергетических уровней экзотических атомов. А знание энергии экзотических атомов в возбужденном состоянии позволяет нам с точностью, о которой мы раньше не мо-

гли мечтать, определить энергию взаимодействия между этими частицами и ядром. Это пример одного из возможных экспериментов с нестабильными частицами. Трудность этих экспериментов заключается в том, что экзотические атомы живут очень короткое время и, кроме того, их мало. Для обнаружения явлений, связанных с ними, нужно работать с приборами почти невероятной чувствительности.

Т. Эрикссон. В экзотических атомах сочетаются точность атомной физики с возможностью исследовать свойства ядра. Поэтому они служат мощным инструментом при изучении основных ядерных характеристик: распределения заряда и токов в ядре. Открытые недавно спиновые волны в ядре, возникающие при радиационном захвате π -мезона, несомненно, вызывают большой интерес. Это открытие показывает, что мы уже отходим от классического описания ядра как совокупности нейтронов и протонов. Сейчас серьезно ставится вопрос о мезонной структуре атомного ядра.

В. Г. Соловьев. Ценную информацию о структуре ядра (определение

формы ядер, структуры дипольных и квадрупольных возбуждений и др.) дает изучение захвата ядрами μ^- -мезонов.

Большие надежды возлагаются на изучение гиперядер. В гиперядрах взаимодействия гиперонов с нуклонами и между собой не сильно ослаблены принципом Паули, и поэтому возникает возможность изучать новые стороны в строении ядра. В настоящее время при изучении гиперядер основное внимание уделяется определению характеристик нуклон-гиперонного и гиперон-гиперонного потенциалов, роли трехчастичных сил в гиперядрах (т. е. сил, при которых взаимодействие двух частиц зависит от положения третьей) и т. д. Еще нет достаточных сведений о связанных возбужденных состояниях гиперядер, и продвижение в область более тяжелых гиперядер идет весьма медленно.

Ц. С. Ву. Экзотические атомы и экзотические ядра — это две широкие и важные области исследования. Изучение экзотических ядер может пролить свет на характер сильных взаимодействий, распределение вещества в ядре, форм-факторы¹ элементарных частиц, не говоря уже о различных видах ядерных возбуждений, которые требуют новых подходов к изучению ядерной структуры.

Экзотические ядра находятся вдали от линии стабильности². Изучая их свойства, мы сможем понять, какой вид имеет ядерное взаимодействие в необычных условиях, когда ядра содержат избыток нейтронов или протонов.

Я. А. Смородинский. При исследовании экзотических атомов были получены наиболее точные значения масс μ^- -мезона, π^- -мезона и антипротона. Взаимодействие π - и K -мезонов с нуклонами ядра относится к типу сильного взаимодействия, и с помощью этих частиц можно получить большую информацию о структуре поверхностной области ядра.

¹ Сечения ядерных реакций непосредственно выражаются через форм-факторы.

² См. Г. Н. Флеров, В. А. Друин, А. А. Плева. Синтез и поиск тяжелых трансураниевых элементов. «Природа», 1969, № 11.



Профессор Ц. С. Ву (Колумбийский университет, Нью-Йорк, США).

Вопрос. Какие методы ускорения элементарных частиц могут привести к наиболее быстрому результату в достижении сверхвысоких энергий?

Ж. Тейдж. Техника ускорителей частиц высоких энергий развивается по тем же принципам, как и наука в целом. Новые идеи еще только разрабатываются. В ожидании новых идей строительство пока идет по старым принципам. Примером служат ускорители в Серпухове (СССР) и Батавии (США). Если говорить о новых принципах, нужно отметить два направления: первое — движение по классическому пути, но с применением сверхпроводимости; второе — создание принципа, который называется коллективным ускорением.

Я думаю, что применение сверхпроводящих систем позволит увеличить энергию не менее чем в три раза. Коллективные ускорители, по-видимому, более перспективны. Но запустить их в действие можно будет только после серьезных исследований, что потребует еще нескольких лет работы. Сделать окончательный вывод, какой из этих путей в буду-

щем даст наилучшие результаты, пока не берусь. В области высоких энергий мы столкнемся с новыми явлениями. Большая точность позволит нам определить, до какого предела справедливы существующие теории.

Я хотел бы сказать несколько слов о возможности применения ускорителей в медицинских и биологических целях. Пока это еще неосуществимо. Через два-три года, я надеюсь, будут построены ускорители на сверхпроводниках, размеры магнитов уменьшатся и в распоряжение медиков поступят пучки π -мезонов для лечения опухолей. Если мы хотим ответить теоретически на вопрос, возможно ли в принципе создание таких ускорителей, мы должны сказать — да. На существующих ускорителях получение пучков π -мезонов — дело очень сложное и дорогое.

Построить ускорители меньших размеров можно и другим путем, применяя встречные пучки и накопительные кольца. Встречные пучки — это тот путь, который даст возможность значительно увеличить энергию столкновения ускоряемых частиц. Но нельзя забывать и тех обещаний, которые дают исследователи, работающие над коллективными методами ускорения.

Х. Фешбах. Из новых ускорителей к числу самых многообещающих относятся те, в которых применяется метод ускорения при помощи электронных накопительных колец. Другой путь — это применение сверхпроводящих волноводов. В обоих случаях мы получаем пучок желаемой плотности в объемах гораздо меньших, чем позволяют существующие ускорители. Первый из этих путей гораздо ближе к практическому осуществлению, чем второй.

Р. Глаубер. Очень эффективно работают ускорители, в которых сталкиваются два встречных пучка. Однако столкновение частиц происходит редко из-за малой плотности частиц. Вот почему так важен прогресс в увеличении интенсивности пучков.

При достаточно высоких энергиях мы надеемся обнаружить совершенно новые явления, в которых будут встречаться все виды известных взаимодействий. Вполне вероятно, что это будет уже возможно на ускорителе в

Батавии (США) или на ускорителе с накопительными кольцами в ЦЕРНе.

В. Бейш. Самые высокие энергии для исследования реакции между элементарными частицами получены на ускорителях с накопительными кольцами, например в ЦЕРНе. Применение этих машин в настоящее время ограничено изучением протон-протонного и электрон-позитронного взаимодействий. Исключительный интерес будут представлять эксперименты на строящемся в Новосибирске ускорителе с протон-антипротонными кольцами.

Для изучения процессов, происходящих с короткоживущими частицами, необходимы протонные синхротроны.

Коллективные ускорители ионов интересны сами по себе как новый этап в развитии ускорителей. С их помощью можно будет проводить эксперименты, в которых требуется пучок мощностью 10^{12} или больше частиц в импульсе.

Ц. С. Ву. По-видимому, наиболее перспективны сверхпроводящие устройства. Они позволят сэкономить огромные количества железа, а также значительное количество электро-



Профессор Р. Глаубер (Гарвардский университет, Кембридж, США).



Профессор Т. Эрикссон (ЦЕРН, Швеция).

энергии. Однако эти устройства нуждаются в дальнейших усовершенствованиях.

Вопрос. Что может дать применение сверхпроводимости для создания ускорителей и улучшения техники регистрации частиц?

В. Бейш. Сверхпроводимость не только резко сокращает расход электроэнергии в ускорителях и измерительной аппаратуре, но также дает возможность получать очень сильные магнитные поля, которые нельзя создать при помощи обычных электромагнитов с железными сердечниками. Ускоритель со сверхпроводящими магнитами может при тех же размерах давать частицы с большей энергией. Сверхпроводящие магниты позволят также поднять чувствительность измерительной аппаратуры. Например, для изучения свойств короткоживущих частиц требуются очень большие магнитные поля, чтобы из-

менить траекторию частиц прежде, чем они распадутся.

Х. Фешбах. Сверхпроводимость может быть использована в кольцевых ускорителях при создании магнитов со значительно меньшим потреблением энергии. С их помощью могут быть получены также более интенсивные управляемые поля. Существенно уменьшатся размеры ускорителя. Однако при подсчете стоимости такой машины необходимо учитывать стоимость холодильного оборудования для поддержания сверхпроводимости.

Сверхпроводимость может быть использована также при строительстве линейных ускорителей, состоящих из сверхпроводящих секций. Это позволило бы применить очень сильные магнитные поля. Однако очень важно, чтобы поверхности сверхпроводящих секций были достаточно хорошо подогнаны, иначе произойдет электронный пробой и разрушение сверхпроводимости.

Р. Глаубер. Сверхпроводимость значительно уменьшит необходимую для магнитов ускорителей мощность. Что касается миниатюризации ускорителей, например с целью применения их в медицине, то здесь возникает трудность: если ускоритель частиц большой энергии сделать малых габаритов, частицы будут двигаться по орбитам с большой кривизной и значительная часть энергии будет тратиться на излучение.

Я. А. Смородинский. Без развития сверхпроводящих приборов и магнитов серьезное продвижение невозможно.

Вопрос. Какое значение имеют мезонные фабрики для дальнейшего развития физики элементарных частиц и ядра?

Х. Фешбах. Мезонные фабрики дают интенсивные и хорошо сфокусированные пучки протонов и интенсивные пучки мезонов. Благодаря такой интенсивности становится возможным изучение уже известных процессов с высокой точностью, а также исследование редких процессов. Изучение взаимодействия мезона с ядром позволит нам заглянуть далеко внутрь ядерной структуры. Станут доступными процессы, которые нельзя было исследовать при су-



Профессор Ж. Тейяк (Центр ядерных исследований, Сакле, Франция).

ществующих плотностях пучков, например обмен зарядами у мезонов. Станет возможным изучение такого редкого, но очень важного процесса, как рассеяние нейтрино на электроны. Можно будет детально и с большой точностью изучать одно из важнейших взаимодействий в природе — взаимодействие между нуклонами, а также между нуклонами и пионами.

Р. Глаубер. Мощный ускоритель в Лос-Аламосе (США) позволяет получать мезоны в большом количестве. При помощи мезонов можно изучать свойства атомных ядер гораздо точнее, чем раньше. Большая интенсивность позволяет одновременно производить несколько экспериментов, точно фокусировать пучок и анализировать его.

Ж. Тейяк. Мезонные фабрики дают не только Δ -мезоны, но и нейтрино. Если физики смогут использовать Δ - и μ -мезоны и нейтрино, это позволит

не только производить эксперимент с большой точностью, но и наблюдать явления, изучение которых до сих пор было невозможно. Всякий раз, когда строился ускоритель на новых принципах, достигались большие результаты, чем это предполагалось, и часто наблюдались явления, ранее не известные. Природа всегда богаче, чем человеческое воображение. Что касается меня, то я убежден, что мезонные фабрики будут источником большого прогресса в ядерной физике и в исследовании взаимодействия частиц. Ведь если будут получены очень интенсивные пучки мезонов и нейтрино, на этом пути возможно изучение слабых взаимодействий, которыми очень интересуются физики. Известно, что существует несколько типов взаимодействий; с одним из них мы часто сталкиваемся в жизни — это электромагнитные взаимодействия. Все, что происходит на Земле, да и во всей Солнечной системе, связано с электромагнитными взаимодействиями. Если абстрагироваться от того, что ядро нестабильно, и не рассматривать некоторых космологических эффектов, то все явления, охватываемые химией и биологией, управляются электромагнитными взаимодействиями. Изучая ядерную физику, мы сталкиваемся с новыми видами взаимодействий, которые не имеют пока влияния на процессы, происходящие на Земле; область их применения относится к звездам и космическим лучам. Для изучения этих видов взаимодействия приходится на Земле создавать специальные условия.

Ваш вопрос заставил меня заняться экстраполяцией открытых на Земле законов на космос. Можно ли на Земле создать, например, некое промежуточное вещество между земными ядрами и веществом нейтронных звезд (пульсаров)? Я не могу ответить на него. Очень интересны работы по поиску сверхтяжелых ядер — трансурановых элементов (работы, которые успешно проводит в СССР группа Г. Н. Флерова). Это тот путь, на котором будут открыты более сложные системы, чем ядро. Однако и они гораздо проще тех, которые изучает астрофизика.

Не менее интересна другая про-

блема, связанная с вашим вопросом: можем ли мы получить на Земле те энергии, которые встречаются в космических лучах? На этот вопрос ответа пока тоже нет. Мы еще не все знаем о космических лучах; наши знания ограничены частицами, которые мы получаем на существующих ускорителях. С качественной точки зрения мы можем на Земле получить все те частицы, которые встречаются в космических лучах, однако наибольшие трудности представляет достижение энергий, равных энергиям космических частиц. Например, энергия протонов в космических лучах может доходить до фантастической величины — $10^{18} \div 10^{19}$ эв. Повидимому, протонов с большей энергией в космических лучах не наблюдается, так как более энергичные частицы должны покидать нашу Галактику. Считается, что $10^{18} \div 10^{19}$ эв есть тот предел энергий протонов, которые еще могут быть удержаны нашей Галактикой.



С л е в а — профессор В. Бейш (Техническая высшая школа, Цюрих, Швейцария); с п р а в а — профессор В. Н. Грибов (Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе, СССР).

Т. Эрикссон. Основное преимущество мезонных фабрик — огромное количество получаемых мезонов. Это значит, что эксперименты, на которые раньше затрачивали много труда и изобретательности, теперь можно проводить тщательно, гибко и, что самое главное, — более точно. Мне кажется, что использование мезонных фабрик — это основной путь развития ядерной физики.

Систематические исследования в области физики гиперядер приведут к открытию целой группы ядер с совершенно новыми свойствами.

Напротив, в области элементарных частиц положение, я полагаю, менее драматично: будут развиваться исследования нейтрино низких энергий, возможно — квантовой электродинамики ионов; будут также развиваться представления о взаимодействии π - и μ -мезонов с ядрами. Хотя сами по себе эти исследования очень интересны, я не думаю, что их результаты сильно повлияют на наши представления о физике элементарных частиц.

В. Г. Соловьев. Создание мезонных фабрик имеет чрезвычайно важное значение для изучения строения ядра. Только большие интенсивности моноэнергичных пучков позволяют создать ядерную спектроскопию в новом качестве, что наряду с малоквазичастичными компонентами (когда возбуждение связано с небольшим количеством частиц) даст возможность изучать многочастичные компоненты ядерных волновых функций.

Ц. С. Ву. Мезонные фабрики могут найти широкое применение в радиотерапии и диагностике рака и родственных ему заболеваний.

Я. А. Смородинский. Мезонные фабрики с их пучками протонов и мезонов большой интенсивности, несомненно, приведут к очень большому расширению практических применений методов ядерной физики в технике, биологии и медицине.

Значение таких установок в развитии ядерной физики, физики твердого тела очевидно. Я думаю, что к концу десятилетия большая часть исследований в области ядерной физики будет вестись на мезонных фабриках.

Рифы нерифового происхождения

П. П. Иванчук
Кандидат геолого-минералогических наук



Петр Петрович Иванчук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института природных газов Министерства газовой промышленности СССР. Много лет вел геологическую съемку в Приаралье, Молдавии, Дагестане. В последние годы занимается проблемами газоносности крупных регионов Средней Азии, выявления тектонических особенностей, палео-гидрогеологии, а также формирования нефтяных и газовых месторождений. Автор научно-популярной брошюры «Природный газ Узбекистана» (Ташкент, 1959).

Еще совсем недавно геологи оказались в затруднении объяснить новые факты, полученные при детальном изучении морского дна: вдоль атлантического побережья США были обнаружены коралловые рифы. Такая находка явно противоречила общепринятому мнению о жизни коралловых полипов, способных строить рифы в прибрежной зоне только тропических морей и океанов. На самом деле, как нам думается, все здесь значительно проще, чем могло показаться на первый взгляд.

Попробуем доказать, что и в этом, и во многих других случаях мы сталкиваемся с развитием в толще осадочного чехла подземных гидродинамических процессов, названных автором **гидровулканизмом**¹. Как мы увидим, именно гидровулканизм способствовал формированию известкового основания, на котором уже потом расселялись живые организмы.

Гидровулканизм до недавнего времени оставался мало изученным, в то же время роль этого природного явления чрезвычайно велика в распределении минеральных полезных ископаемых как в осадочном чехле, так и на земной поверхности.

Любопытный парадокс

Давно установлено, что рифы — формы рельефа, сложенные известняками, — возникли в результате жизнедеятельности кораллов при участии известковых водорослей, мшанок и других морских организмов. Из поколения в поколение эти неустанные труженики из своих скелетов форми-

руют и постепенно надстраивают многочисленные рифовые сооружения. Когда возникали неблагоприятные условия для жизни коралловых полипов, колонии их погибали, и морские волнения довершали уничтожение созданных рифов, превращая некогда грозные для мореплавателей подводные скалы в шуршащий коралловый песок.

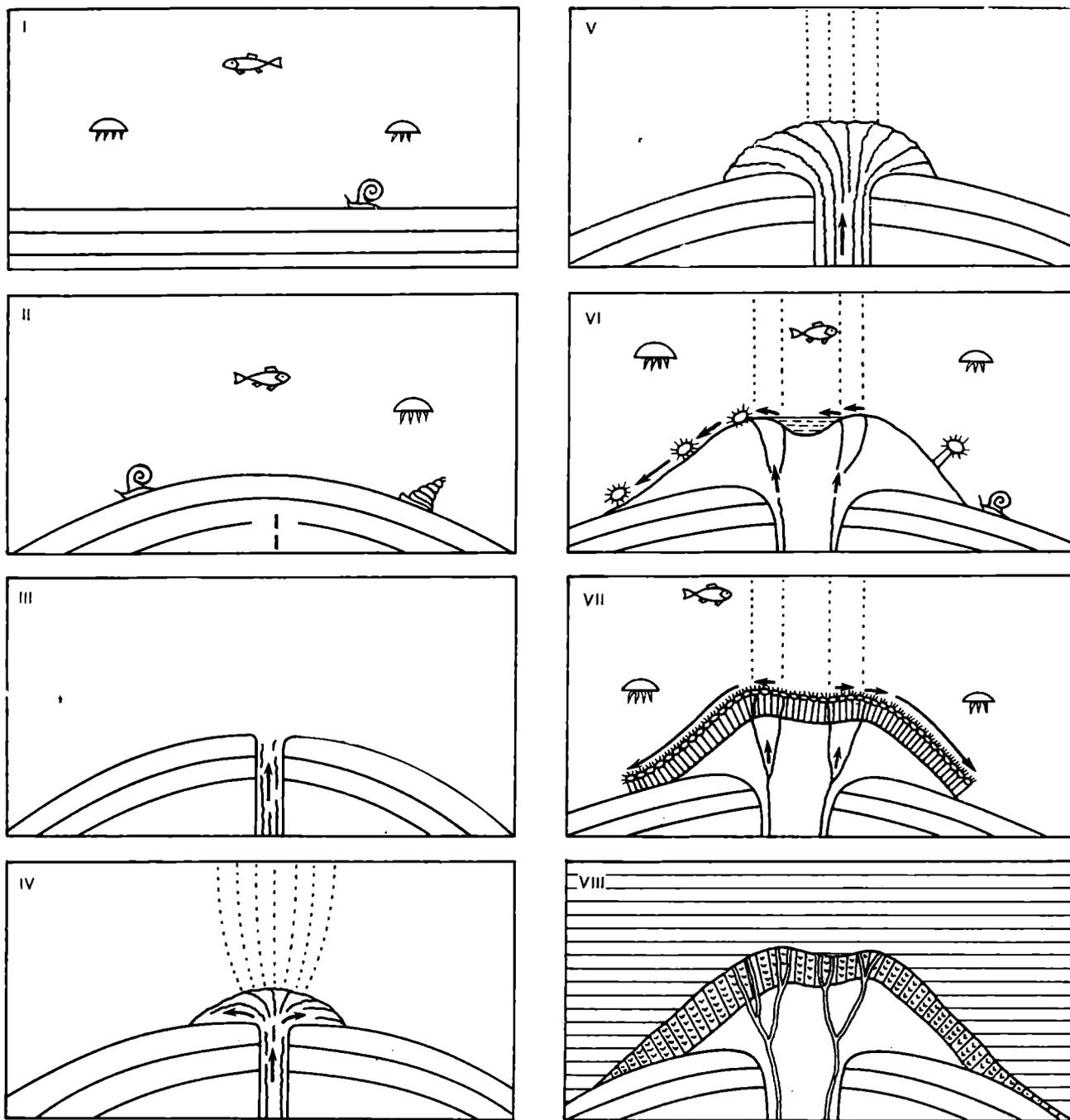
Геологи, изучая рифы, обратили внимание на одно любопытное обстоятельство. Цепочки их часто тянутся вдоль разломов, причем многие рифы приурочены к более поднятым частям разорванных земных слоев. Некоторые рифовые сооружения состоят из отдельных, обособленных друг от друга рифовых тел, в то время как полипы, казалось бы, могли сооружать сплошной риф — барьерный. Более того, все чаще находили одиночные массивы известняков, в которых отсутствовали остатки типичных организмов, которые обычно строят рифы.

В самом деле, в 1951 г. американский геолог А. Ирдли на Прибрежной равнине Мексиканского залива описал ряд куполов — возвышенностей подводного рельефа.

Он указал, что на некоторых из них имеются плотные известняки атоллового (кольцевой формы) типа. Поскольку окаменелости в них встречаются редко, А. Ирдли не считал возможным отнести найденные известняки к рифам. И хотя известковый материал накапливался на куполах в то время, когда эта область находилась под водой, причина таких местных накоплений массивных известняков на куполах осталась тогда не выясненной.

Мы вспомнили об этом не случай-

¹ «Природа», 1967, № 7, стр. 49.



Последовательность образования древних рифов.

I. В подводном царстве все спокойно. Идет отложение слоев осадков. Животный мир странствует во всех направлениях. II. Произошли тектонические движения, вызвавшие изгиб вверх слоев осадков, формирование антиклинальной складки на дне моря. Зарождается разрыв сплошности слоев. III. Слои разорвались, возникла открытая полость разрыва. IV. Через полость разрыва прорвалась на морское дно известковая масса, она растекалась в стороны от открытой полости разрыва. Вверх поднималась лавина пузырьков газа. V. В результате прорыва известковой жидкости на дне моря вырос холм, от которого вверх поднимались пузырьки газа. VI. Морские животные устремились со всех сторон к этим известковым холмам, так как здесь возникли благоприятные условия для их жизни: тепло, минеральные соли, газ и т. д., поступающие по свободным каналам снизу. VII. В результате на холме возникли колонии рифостроющих организмов. VIII. Изменились природные условия. Началось быстрое накопление морских осадков. Риф оказался погребенным.

но. На территории Урало-Поволжья в отложениях верхнедевонского возраста (240—255 млн лет назад) бурением были вскрыты одиночные массивы известняка. Большинство геологов считает их рифовыми телами. В течение многих лет верхнедевонские отложения западного склона Урала и Прикамья детально изучал советский геолог Б. И. Чувашев. Он пришел к заключению, что процесс образования рифов в верхнедевонское время происходил в ограниченном временном интервале и прекратился с изменением химического состава и температуры вод морского бассейна в конце верхнего девона (фаменский ярус). По-видимому, особенно резкие изменения произошли в зонах мелководий, поскольку мелководные фаменские отложения Урало-Поволжья часто вообще лишены всяких органических остатков.

В чем же тут дело? Может быть, это вовсе и не рифы? Не помогут ли детальные исследования локальных тел известняков объяснить и загадку Мексиканского залива? Тем более, что за последнее время накопилось довольно много материалов по разным районам.

В 1962 г. советский геолог Г. А. Лычагин, изучая рифоподобные известковые тела на Керченском полуострове, предположил, что в прошлом образование кольцевых известняковых островов происходило за счет выноса известковистого материала по жерлам грязевых вулканов.

Действительно, вполне возможно, что на земную поверхность поступает жидкая известковая масса. Такие явления неоднократно наблюдались у жерл грязевых сопков на о. Сицилия (С. А. Ковалевский, 1935 г.): во время землетрясения 1866 г. на южном берегу у Джирдженти вскоре после толчков из небольшого кратера ударил 35-метровой высоты фонтан жидкого мела. Одновременно с жидкостью были выброшены куски твердых пород — известняка и пирита, взлетавших вверх до 55 м.

Гидровулканизм и древние рифы

Для нас не представляет никакого сомнения, что мы здесь встречаемся с процессами гидровулканизма —

кратковременного активного субвертикального движения пластовых жидкостей осадочного чехла, которое обычно происходит по разломам. Резкое усиление тектонических напряжений во время землетрясений приводит к тому, что жидкости, скопившиеся между непроницаемыми покровными уплотненными породами, прорывают эти пласты, в основном, на антиклинальных поднятиях геосинклинальных и платформенных областей.

В зависимости от региональных условий могут иметь место мощные проявления гидровулканизма, преимущественно на ранних стадиях существования толщи осадков, когда пласты перенасыщены водой. На более поздних стадиях существования осадочной толщи, когда пласты в той или иной мере уже подвергались литогенезу, пластовые жидкие растворы находятся в поровом пространстве внутри пластов-коллекторов. Поэтому при разрывах пластов водные минеральные растворы и жидкие углеводороды устремляются из проницаемых пор и трещин, и, таким образом, гидровулканизм проявляется слабо.

Полости некоторых каналов, возникших в недавнее геологическое время, в настоящий момент заполнены природными растворами, обладающими способностью разжижаться. Если в непосредственной близости от такого канала происходило развитие очага землетрясения, то в результате создающихся напряжений (сейсмических толчков и т. д.) растворы разжижаются. Жидкость перемещается вверх по полости канала, и какая-то часть ее изливается на земную поверхность.

Так осуществлялись слабые проявления гидровулканизма в каналах. Прорыв и потеря какого-то определенного объема пластовых жидкостей из водоносных толщ осадочного чехла по существу представляли собой процесс выравнивания внутренних давлений, когда приходил переход из активного состояния недр земли в стабильное, уравновешенное состояние.

Если последующее «запечатывание» молодыми отложениями каналов мощного гидровулканизма отсутствовало, каналы могли, в случае их про-

ницаемости, на протяжении длительного времени являться путями разгрузки и гидротермальной деятельности (в общепринятом понимании) уже в относительно спокойные эпохи. Так возникали на земной поверхности водо- и газопроявления, реже — нефтяные источники.

Даже спустя много десятков миллионов лет после накопления песчаных осадков в седиментационном бассейне некоторые из них способны разжижаться и течь, подчиняясь гидродинамическим законам.

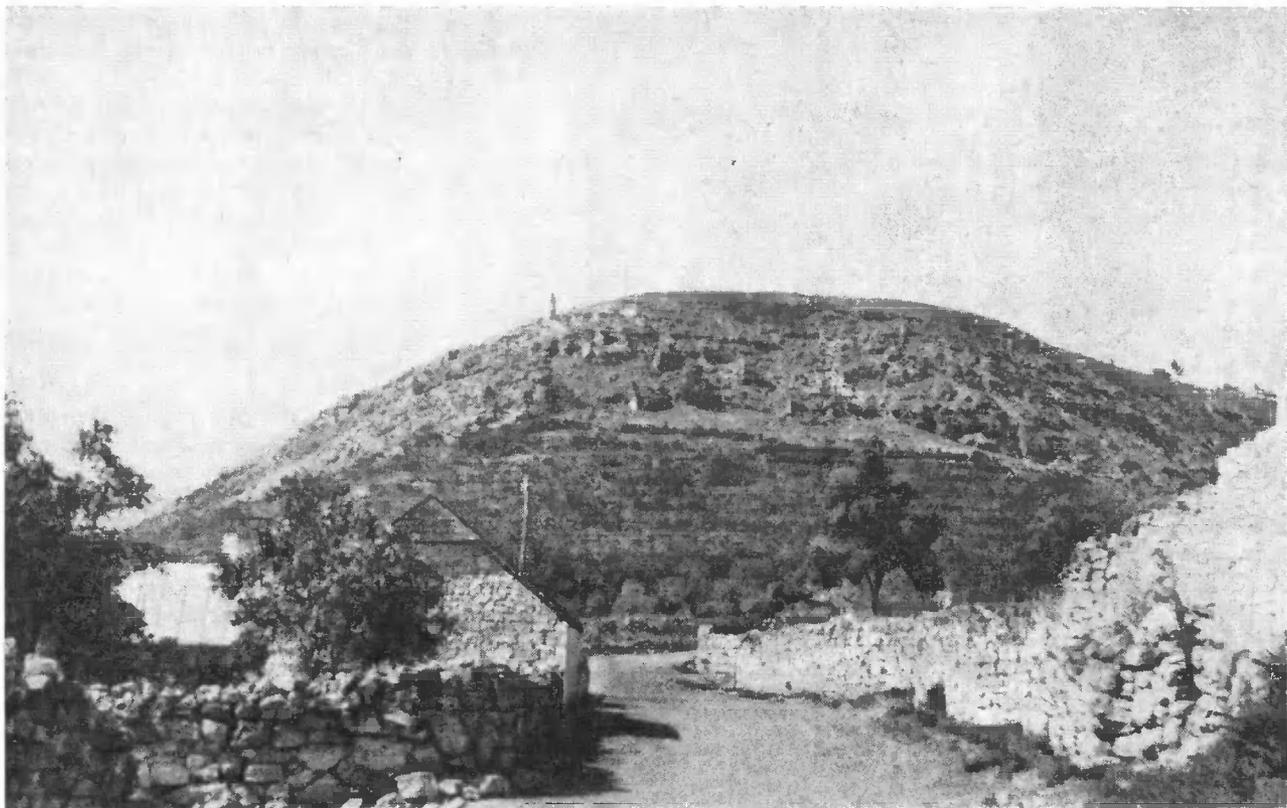
В связи с этим на ранних этапах из толщи осадков по разломам выходили разные по составу водные растворы, состоящие из песчаных зерен, обломков коренных пород и т. д. Жидкий раствор мог иметь вид песчаной пульпы (причем минеральные вещества, растворенные в воде, могли быть самыми разнообразными), глинистого и известкового раствора, рассола, жидкой нефти и т. д.

В районах, где за длительное время на дне морей накапливались преимущественно известковистые осадки, проявление активных движений на глубине в земной коре вызывало разрывы сплошности и в слоях этих осадков. Пластовые, в основном известковистые, жидкости вырывались по этим разрывам на поверхность суши или дна моря. В результате и появлялись обособленные, округлые в плане возвышающиеся массивы известкового материала.

Но ведь на этих куполах все же иногда находят остатки скелетов живых организмов, которые как будто относят к рифообразующим? Как же в этом случае объяснить скопления известняков?

Оказывается, все дело в том, что надо четко различать организмы рифообразующие и живущие на рифах. Первые — прикрепленные, выделяющие известь колониальные организмы. Они цементируют риф, остаются на месте после своей гибели и способны сохранять известковое тело от размыва волнениями и подводными течениями. Позднее этот холм уже служит местом заселения организмов, не образующих рифов.

Но вернемся к рифам Атлантики, о которых шла речь в начале статьи. Мы теперь можем утверждать, что



Один из известняковых рифов, которые в виде холмов или целых гряд встречаются на просторах Молдавии.

Фото П. П. Иванчука

первопричиной накопления известкового материала, на котором селились рифообразующие организмы, был гидровулканизм, в результате которого известковый материал был выброшен на дно моря. И все же пока остается неясным, как морские организмы могли строить рифы в условиях холодного моря. Чтобы ответить на этот вопрос, придется вновь углубиться в геологию.

Подводные «оазисы»

Конечно, мы могли бы воспользоваться данными бурения по Волго-Уральской нефтегазоносной области и рассмотреть многие метры керна, поднятого с глубины. Но нам все равно не хватило бы этого материала для пространственных сопоставлений, и очень важные детали внутреннего строения известковых тел ускользнули бы из поля зрения.

Поэтому мы обратились к территории Молдавии, где древние рифы

распространены чрезвычайно широко и обнажаются на поверхности, а главное, достаточно хорошо изучены геологами. Здесь, как, впрочем, и за пределами Молдавии, в геологическом прошлом располагался морской бассейн, где в среднемиоценовое время (около 20 млн лет назад) слой за слоем отлагался известковый ил. В то время в море жили литотамниевые известковые водоросли. После их гибели известковый скелет захоронялся, и позднее образовались литотамниевые известняки. Известно, что в сообществе с кораллами или самостоятельно иногда эти водоросли создают рифы. Однако рифов среднемиоценового возраста здесь не найдено. Следовательно, ни коралловые, ни литотамниевые водоросли рифов не строили, хотя и обитали почти повсеместно. Но уже несколько позже на границе среднего и верхнего миоцена на всей территории Молдавии и далее к северу рифы вдруг начали

расти. Было отмечено, что они, как правило, располагались на наиболее возвышенных частях валов, которые притягивались с севера на юг примерно тремя линиями, приуроченными к разломам в фундаменте.

Почему же в начале среднего миоцена (раннее тортонское время) рифы не росли, хотя валообразные поднятия уже существовали с верхнемелового времени (около 82 млн лет назад) и были выражены в рельефе дна тортонского моря. Ведь в нем повсюду жили литотамниевые водоросли. Эту загадку позволило разрешить детальное изучение рифов. Стало известно, что эти древние рифы сейчас располагаются на сводах валов в виде округлых, овальных и кольцеобразных тел известняка. По определениям советских геологов (А. А. Арапов, Б. В. Бурденко и Ю. К. Яшкин, 1966 г.), основными рифостроящими организмами, селившимися на рифах, оказались разнообразные моллюски,



Вот такие пустоты, или каверны, могут выщелачиваться подземными водами внутри рифовых массивов.

Фото П. П. Иванчука.

многочисленные раковины которых здесь были найдены. Но самое удивительное заключается в том, что литотамниевые водоросли, жившие до этого в море, среди якобы строящих рифы организмов, заняли только третье место после мшанок, колонии которых могут даже самостоятельно строить небольшие рифы. И еще удивительнее, что кораллы оказались на предпоследнем месте, да и представ-

лены они одиночными формами. В числе «рифостроящих» организмов оказались и черви.

Однако теперь нам ясно, что моллюски не могли создавать рифов — они только поселялись на известковом массиве, и обилие раковин лишь отражает общее состояние морского бассейна, в котором они преобладали среди других организмов. Это подтверждается существованием между

рифовыми массивами пластов, сложенных обломками раковин. Отметим попутно, что и обилие ходов червей может указывать лишь на то, что известковый материал, в котором они передвигались, был податливым и не твердым.

Но все же, откуда, в таком случае, взялось на дне моря локальное скопление известковой массы, на котором селились моллюски, черви и другие морские организмы? Вот тут мы подходим к самому главному.

После того как на территории Молдавии исчезли литотамниевые водоросли, там проявились отголоски молодых альпийских движений в виде новых разломов почти меридионального направления, а в кристаллическом фундаменте юго-западной окраины Русской платформы произошло обновление старых разломов. В результате осадочный чехол края платформы был расчленен на ряд вытянутых блоков. Разрывы фундамента проникали в этот осадочный платформенный чехол, в толще которого были развиты пласты известкового осадка, способные к разжижению.

В связи с активизацией тектонических движений примерно в середине тортонского века по разрывам, возникшим на валообразных поднятиях, на морское дно прорвались пластовые жидкости известкового состава. В наиболее раздробленных участках формировались отдельные вертикальные каналы округлой формы. Вблизи устья таких каналов известковая масса накапливалась в виде возвышающихся холмов или кольцеобразных возвышенностей.

Другими словами, процессы гидровулканизма создали благоприятные условия для образования рифов. Цепочки известковых холмов, вытянутых параллельно разломам и сидящих на валах, становились центрами заселения различными морскими организмами. Поскольку здесь возникли благоприятные условия для жизнедеятельности морских животных, началась их массовая миграция к этим центрам.

Какие же условия способствовали их скоплению? Это, прежде всего, возвышавшийся холм известковой массы, отдающий тепло; благоприят-

ная температура, так как по каналам поступали термальные жидкости; привнос с водами необходимых для их жизни минеральных солей, и т. д. А сами холмы известковой массы были тем основанием, на котором рифостроящие организмы возводили свои многоэтажные сооружения.

Я бы сказал, что на дне моря в местах проявления гидровулканизма создавался благоприятный «микроклимат», возникали богатые жизнью «оазисы».

Позднее, около 17,6 млн лет назад, уже в нижнесарматское время, произошел повторный прорыв жидкостей известкового состава как по ранее созданным каналам, так и в стороне от тортонских рифов. На последних старые постройки надстраивались, и новые рифы, конечно, сильно уступали им по размеру. Без повторных процессов гидровулканизма трудно объяснить появление нижнесарматских рифов в стороне от тортонских. Наверное, морским животным было проще продолжать застраивать уже готовые рифы, чем строить новые, поэтому появление нижнесарматских рифов в стороне от тортонских трудно объяснить, не прибегая к повторным процессам гидровулканизма.

Таким образом, мы попытались показать, как в древних морских бассейнах возникали псевдоморфозы, которые до сих пор многими геологами продолжают рассматриваться как настоящие рифы, целиком построенные морскими организмами. А между тем научиться их распознавать чрезвычайно важно и вот почему.

Редкие металлы в древних рифах?

Конечно если исходить из представлений о формировании рифов за счет жизнедеятельности морских организмов, оснований для поиска в известковых породах древних рифов промышленных скоплений редких металлов и земель мы не найдем. Если же связывать появление локальных известковых массивов на дне морей и океанов как современных,

так и прошлых эпох с процессами гидровулканизма, несомненно, в известняках древних рифов следует искать редкие металлы. Уже одна постановка такого вопроса говорит сама за себя.

При успешных поисках и разведке мы можем найти в породах древних рифов олово, вольфрам, молибден, висмут, сурьму, ртуть, ванадий, кадмий, галлий, индий, германий, таллий и группу редкоземельных металлов (церий, лантан, иттрий, иттербий, эрбий и др.) В самом деле, на Керченском и на Челекенском полуостровах по древним каналам и сейчас поступают пластовые воды, содержащие соли редких металлов.

Детальные геохимические исследования, проведенные советским геологом С. А. Альбовым на Керченском полуострове, показали, что углекислые воды и связанные с ними породы, сопочные воды и грязи, рапа из Чокракского озера содержат ряд ценных металлов. Большое содержание фосфора в углекислых и сопочных водах, а также в железных рудах позволяет считать, что фосфор здесь не только органический. Вероятно, отчасти поступают с больших глубин также мышьяк, ванадий, никель, кобальт и другие металлы.

По данным советских геологов Л. М. Лебедева и И. Б. Никитина, на челекенских иодобромных месторождениях подземные воды выносят свинец, цинк, кадмий, медь, мышьяк, стронций, литий и рубидий. Было обнаружено увеличение содержания рудных компонентов в пределах тектонических нарушений.

Известковый материал, заполняющий канал и их приустьевые участки, как правило, имеет разнообразные каверны и полости трещин. Пластовые воды, богатые солями редких металлов, поднимались с глубины и, попадая в приустьевых участках в иные условия температур и давлений, отлагали соли на стенках каверн и полостей трещин. Неоднократные поступления подземных минерализованных вод в течение длительного геологического времени могли сформировать и промышленные скопления солей редких металлов. Подтверждением сказанного служат обнаруженные в разных местах Советского

Союза и за рубежом в наиболее древних толщах карбонаты¹.

Локальные известняковые тела можно искать на всех территориях, где осадки представлены породами известкового состава и на большую глубину осложнены разрывами. Причем, были ли заселены морскими организмами эти известковые холмы или нет, для поисков редких металлов роли не играет.

Наиболее интересны те древние рифы, которые возникли на антиклинальных складках или вдоль региональных разломов в районах, находящихся в пределах, например, предгорных прогибов: Предкавказского, Предкарпатского, Предкопетдагского, Предуральского и др. Здесь разломы проникали на большие глубины и по ним могли поступать магматические эманации, которые несли различные редкие металлы, в том числе и редкоземельные. А среди цепочек рифов поиски целесообразно вести в приустьевых участках каналов, которые могут находиться или под рифами, или в непосредственной близости от них. Наиболее четко, по-видимому, будут выделяться устья каналов, когда рифовое тело имеет кольцевое строение, т. е. внутри кольца или, например, в больших массивах, когда зафиксировано несколько вершин и можно предположить здесь развитие нескольких каналов.

В заключение надо обратить внимание на одно важное, с нашей точки зрения, обстоятельство. Природное явление, названное гидровулканизмом, которое было нами обнаружено и изучено при разведке нефтяных и газовых месторождений, имеет гораздо более широкое распространение, чем даже сначала предполагалось. Например, встав на позиции гидровулканизма, мы смогли разгадать загадку древних рифов. Дальнейшие исследования проявлений гидровулканизма могут пролить свет на образование различных геологических объектов спорного генезиса, расположенных в осадочном чехле.

УДК 551.49; 551.21

¹ См. Л. С. Бородин. Щелочные породы — индикаторы земных глубин. «Природа», 1971, № 5, стр. 62.

«Акустические глаза» дельфина

А. Е. Резников
Институт биологии развития АН СССР
Москва

Можно считать, что глаза и уши наземных животных не заменяют, а скорее взаимно дополняют друг друга, образуя сенсорный комплекс. Известно, что биологические ткани акустически водоподобны и звук проникает из воды непосредственно в ткани тела. Это наводит на мысль, что в условиях водной среды, где глаза не всегда эффективны, биологически целесообразен «акустический глаз» и сенсорный комплекс «акустические глаза» — уши.

Оказалось, что дельфин имеет органы, которые могут быть «акустическими глазами».

Особенности «звуковидения» у дельфина

Поведение дельфинов в условиях плохой видимости создает впечатление у исследователей, что дельфин как бы «видит» звуком. Обратимся хотя бы к одному из проведенных нами опытов. Восьми дельфинам в реверберирующий¹ водоем с очень мутной водой, исключающей зрительное восприятие, бросалась рыба, по одной или несколько штук. Дельфины наперегонки ловко брали рыбу, уверенно ориентировались среди нескольких рыб и учитывали маневры друг друга. Это достигалось благодаря ультразвуковой локацией.

Несмотря на помехи друг от друга и от реверберации, дельфины бы-

стро и уверенно воспринимали сложную пространственную картину расположения и движения многих объектов.

Доказано, что дельфин свободно плавает «вслепую» и что главные центры эхолокационного аппарата дельфина расположены в лобной части: надевание на лобный жировой выступ звуконепроницаемой маски вызывало беснование, а надевание присосок из латекса на область расположения ушей не нарушало локацию¹. С присосками на глазах дельфин быстро обнаруживал куски рыбы перед клювом и лбом, не сразу обнаруживал их над головой и совсем не обнаруживал ниже линии рта, ни впереди, ни под головой (рис. 1). Оказалось, что дельфины могут различать размеры рыбы, отличать друг от друга различные геометрические тела, шары, ступенчатые пирамиды и т. п. Появились предположения, что для распознавания объектов важен спектр вторичного излучения объекта, возбужденного сигналом дельфина. Это доказали, например, эксперименты с шарами, сделанными из разных материалов². Шары одинакового размера дельфин отличал только в том случае, если различались так называемые скорости сдвиговых волн в материалах, из которых были изготовлены эти шары. Согласно теории,

от скорости сдвиговых волн зависит спектр эхосигнала, отраженного от шара. Он обуславливает «жужжащий» или «шипящий» характер звучания эха, в зависимости от того, сделан шар соответственно из жесткого или мягкого материала. Это звучание и является для дельфина информативным.

Наши эксперименты с привязкой каждого сигнала дельфина к локационной ситуации с помощью кино съемки и магнитной регистрации дали возможность сделать вывод, что зондирующие импульсы дельфина в определенном смысле стандартны, стереотипны и не имеют ярко выраженных информативных элементов, принципиально несходных для распознавания дельфином различных объектов¹.

По нашим данным, кратковременное — до десятых долей миллисекунд — облучение объектов достигается дельфином за счет быстрого прохождения сравнительно узкого пучка ультразвука по всему полю обзора за время, сравнимое с длительностью импульса в источниках звука, т. е. в результате «внутриимпульсного сканирования».

Короткие и относительно стереотипные импульсы оказывают на объекты локации действие, подобное удару, и позволяют дельфину распознавать объекты по их характерному отклику (так же, как постукивание по металлу, дереву и т. п. позволяет человеку отличать один материал от другого).

¹ Реверберация — остаточное звучание в результате отражений от поверхности воды, дна и т. п., имеет существенное значение в акустике помещений, где звуковое поле представляет собой совокупность прямого звука и многократных его отражений.

¹ K. S. Norris, J. H. Prescott, P. V. Asa-Dorian and P. Perkins. An experimental demonstration of echolocation behavior in the porpoise, *Tursiops truncatus* (Montagu). «Biol. Bull.», v. 120, 1961, N 2, pp. 163—176.

² См. Н. А. Дубровский, А. А. Титов, П. С. Краснов, В. П. Бабкин, В. М. Леконцев. Исследование разрешающей способности локационного аппарата черноморской афалины. Труды АКИН, вып. X, 1970.

¹ А. Е. Резников. О механизмах гидроакустической локации дельфина. «Природа», 1971, № 9; В. М. Белькович, А. Е. Резников. Новое в гидролокации у дельфинов. «Природа», 1971, № 11.

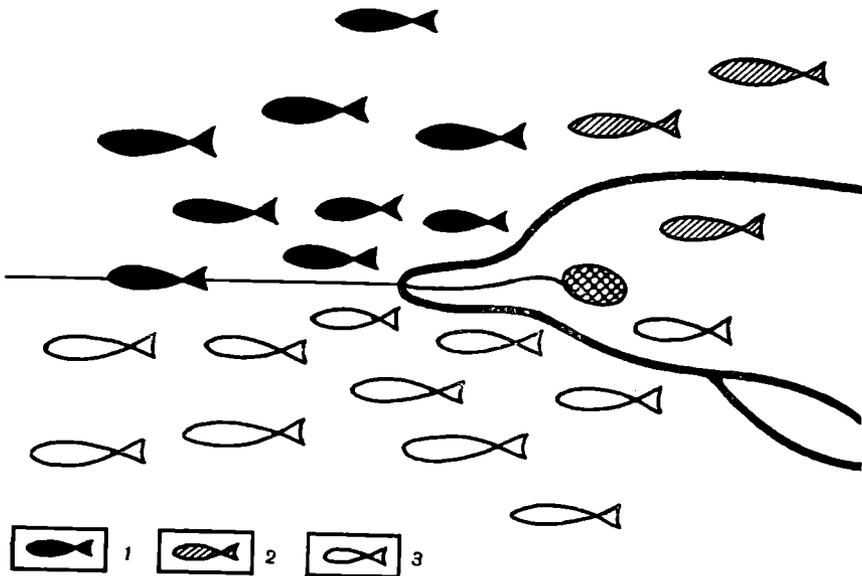


Рис. 1. Области обнаружения кусков рыбы дельфином, лишким зрением (с «заглушками» на глазах): черные рыбки (1) — в области быстрого обнаружения, серые (2) — замедленного и белые (3) — отсутствия обнаружения. (По К. Норрису, 1964).

Жировая подушка — акустическая линза

Несколько лет назад было высказано мнение¹, что лобная жировая подушка дельфина представляет собой акустическую линзу, фокусирующую зондирующее излучение дельфина. Это подтвердили эксперименты Е. В. Романенко и соавторов, исследовавших диаграммы направленности головы мертвого дельфина, в дыхательные пути которого помещался ультразвуковой излучатель².

Исследование акустических параметров ткани жировой подушки, проведенное нами совместно с сотрудниками ВНИИ медицинских приборов, показало, что ткань жировой подушки акустически прозрачна, что скорость звука в ней меньше, чем в воде, и что эта скорость зависит от направления распространения звука и спадает по мере углубления в толщу жировой подушки. Это говорит о том,

что жировая подушка действует как собирающая неоднородная акустическая линза. В таких линзах искривление лучей происходит не только на граничных поверхностях, но и в самой толще линзы.

Отметим, что звук приходит на линзу-подушку не только изнутри, от источника зондирующего излучения, расположенного в голове дельфина. На подушку приходят и ультразвуковые волны от внешних источников, в том числе и волны, отраженные от лоцируемых объектов. Но если подушка обладает фокусирующими свойствами линзы, то за подушкой согласно обратимости линзы должны возникнуть акустические изображения внешних источников (так же, как в случае световых волн, проходящих через оптическую линзу). Если такие изображения возникнут на какой-нибудь структуре, способной воспринимать звуковые воздействия, то получится акустический аналог глаза. Назовем его «акустическим глазом».

Обратимся к тканям за подушкой. Позади подушки располагается система воздушных мешков. Оценочный расчет показал, что смещения и натяжения оболочки мешков под действием ультразвука, по-видимому, могут быть восприняты нервной си-

стемой, например, элементами типа осязательных телец. (Естественно, что это не доказательство восприятия звука мешками, а просто иллюстрация существования восприятия живыми организмами подобных воздействий.)

Итак, у дельфина есть система органов, по строению соответствующих «акустическим глазам»: это жировая подушка — аналог оптической системы глаза и воздушные мешки — аналог сетчатки глаза. Чтобы установить, функционируют ли «акустические глаза», необходимо выяснить, как они должны функционировать, какие при этом должны возникать эффекты.

Вид лучевой картины в жировой подушке дельфина качественно зависит от соотношения скоростей звука в ее ткани и в воде. Использовать измеренные скорости звука для точного построения лучевой картины ненадежно по ряду соображений (главное то, что после смерти дельфина скорости звука в ткани меняются). Проанализируем две основные возможности построения лучевой картины (рис. 2).

Приходящие спереди ультразвуковые волны фокусируются «сферическими» участками подушки, приходящие сверху — «цилиндрическими». Фокальные пятна при фокусировке «сферическими» участками должны иметь форму, близкую к кругу, «цилиндрическими» — форму полос, примерно параллельных образующим «цилиндрического» участка подушки. Согласно форме фокальных пятен, спереди и сбоку головы дельфина будут зоны относительно четкого «звукотвидения», сверху — зона «нечеткого звукотвидения» с разрешением объектов в основном в направлении, перпендикулярном оси головы дельфина. Так как мешки расположены справа и слева от оси симметрии головы дельфина, то жировая подушка, по-видимому, играет роль двух линз, условно изображенных на рис. 3 штриховой линией. Этим линзам соответствуют правая и левая области обзора.

Приведенная здесь детализация лучевой картины приближенна и относится лишь к дельфину афалине. У других видов зубатых китов она мо-

¹ См. В. М. Белькович, А. В. Яблоков. Молодость древней науки. «Природа», 1964, № 8.

² Е. В. Романенко, А. Г. Томилин, В. А. Артеменко. К вопросу о звукообразовании и направленности звуков у дельфинов. В сб.: Бионика, М., 1965.

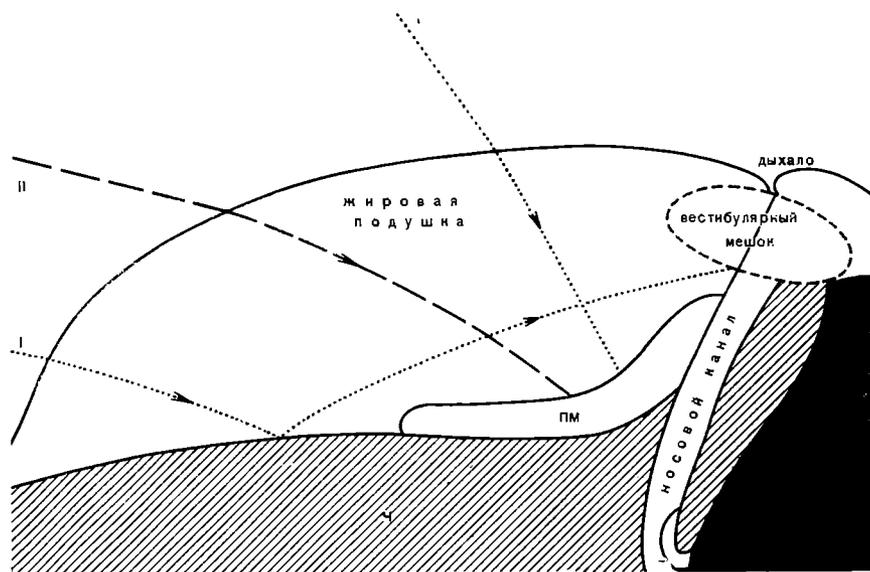


Рис. 2. Ориентировочные схемы хода лучей в жировой подушке дельфина афалины (вертикальное сечение). I — луч отражается от челюстной кости; Ia и II — луч не отражается от кости. Если скорости звука в ткани и воде различаются сравнительно мало, то лучи, приходящие на подушку спереди-сбоку, будут изгибаться в вентральном (в сторону живота) направлении и при достаточных коэффициентах преломления могут собираться на премаксиллярных мешках, образуя на них изображения активных или пассивных источников звука (II). Если скорости звука в воде и тканях подушки различаются настолько, что изгибающиеся лучи попадают не на премаксиллярные мешки, а на челюстную кость, последняя может играть роль отражателя; тогда фокусировка лучей, приходящих спереди, может осуществляться на вестибулярных мешках (I), а приходящих сверху — на премаксиллярных (Ia). Ч — челюстная кость, ПМ — премаксиллярный мешок.

жет быть и иной. Принципиальным моментом работы «акустических глаз» следует считать наличие фокусировки приходящего на жировую подушку ультразвука, отраженного от окружающих объектов или излучаемого этими объектами, возникновение в некоторой области акустических изображений объектов и восприятие этих изображений с помощью какого-то специального органа (не обязательно мешков).

Индикаторы акустического изображения

Экспериментально установлено, что к ультразвуковым импульсам чувствительны не области слуховых отверстий, а лишь жировая подушка и нижняя челюсть дельфина, содержащая

жировик. К. Норрис считает, что этот жировик, оканчивающийся в области расположения внутреннего уха, играет роль звукоуловителя и волновода, по которому эхосигналы попадают непосредственно в каждое ухо животного. Звукопроводящие пути из жировой подушки в уши не обнаружены; предполагается лишь, что звук из подушки достигает ушей через мышечную ткань.

Рассмотрим, что при этом должно происходить. Электрофизиологическая реакция слуховых центров мозга на облучение различных участков жировой подушки ультразвуковыми импульсами оказалась примерно одинаковой для всей подушки. Но относительно большие размеры подушки и фокусировка звука дают основания считать, что интенсивность звука в точках расположения ушей должна зависеть от направления прихода

звука и места входа его в подушку. Отсюда следует, что подушка должна рассматриваться не только как входное согласующее устройство, что в ней происходят какие-то более сложные явления, чем трансформация давлений и согласование волновых сопротивлений. Описанный экспериментальный факт — одинаковая чувствительность к звуку всей поверхности подушки — может быть объяснен существованием «акустических глаз»: звук собирается не в точке входа в орган слуха, а более или менее равномерно распределяется по полю изображения.

Покажем, что индикаторами акустического изображения могут быть не только мешки, но и уши. Если в результате фокусировки в жировой подушке формируются пространственные акустические изображения, то расположенные с задней стороны подушки на обоих боках черепной коробки два изолированных друг от друга двукорпуса должны реагировать на акустические колебания в поле этого изображения. Акустическая изоляция ушей друг от друга и от костей черепа, база между ушами и, что очень важно, непосредственная близость к ушам акустического поля изображения могут обеспечить сильный бинауральный эффект¹ (рис. 4) и создают предпосылки для пространственного анализа возникающего в подушке поля изображения с помощью этого эффекта. В то же время звук, приходящий извне на слуховые отверстия, практически не воспринимается. Хотя он и должен проникать в ткани дельфина, но, по видимому, в меньшей степени, чем в подушку и жировик нижней челюсти: из-за худшего согласования и большего, чем в специализированной жировой ткани, поглощения. Кроме того, он не усиливается фокусировкой. Этим можно объяснить практическое отсутствие электрофизиологических реакций при облучении ультразвуком всех частей головы, кроме подушки и нижней челюсти.

¹ Бинауральный эффект — способность высших животных и человека определять положение источника звука с помощью двух ушей; механизм бинаурального эффекта изучен еще недостаточно.

Функциональные особенности «акустического глаза»

Известно, что изображение точечного объекта, формируемое фокусирующей системой, получается в виде фокального пятна. Угловые размеры его зависят от отношения длины волны к размерам входного зрачка. Это отношение определяет четкость изображения и разрешающую способность системы. Ориентировочно приняв диаметр входного зрачка «акустического глаза» дельфина равным 15 см, получаем, что для частоты 200 кгц, которая близка к максимальной частоте, встречающейся в спектрах зондирующего излучения дельфинов, разрешающая способность составляет около $3,5^\circ$, для частоты 30 кгц — около 24° .

Можно показать, что основная часть звуковой энергии фокусируется в области, не намного превышающей размеры фокального пятна, создаваемого наивысшей спектральной составляющей, которая определяет максимальную способность (рис. 5). Отсюда следует, что реальная разрешающая способность «акустического глаза» может быть близка к максимальной.

Из-за больших размеров фокальных пятен контуры объектов, формируемых «акустическим глазом», не могут быть такими четкими, как в оптических системах. Однако не следует предполагать, что основная доля полезной информации должна содержаться обязательно в геометрическом подобии контуров объекта и его изображения. В системах с относительно небольшим входным зрачком ведущую роль могут играть иные информативные элементы, например, связанные с особенностями рельефа поверхности и т. п.

Акустические линзы дельфинов имеют широкое поле обзора, могут обеспечить возможность угловой ориентации и одновременной локализации многих объектов. Обзор пространства зоной «четкого звуковидения» обуславливает возможность локализации с целью распознавания объектов, особенно больших, определения направления на объект, ориентации при движении, взятия добычи и т. п.

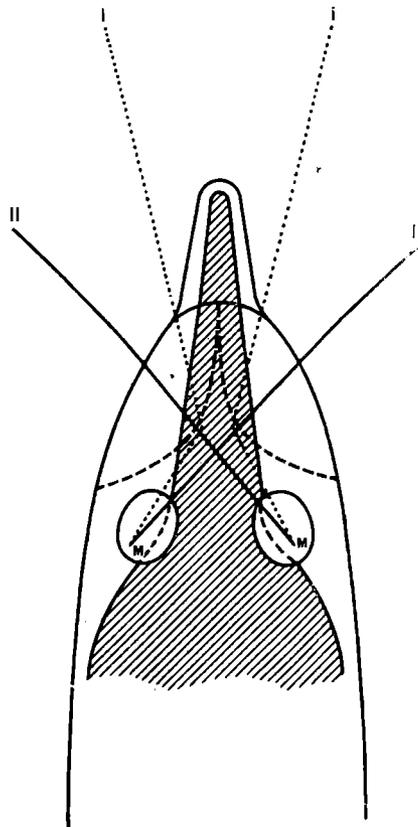


Рис. 3. Ориентировочные стемы хода лучей в жировой подушке (горизонтальное сечение): I — луч отражается от челюстной кости (кость заштрихована), II — луч не отражается от кости; пунктиром условно обозначены «акустические линзы», м — воздушные мешки.

Зона «нечеткого звуковидения» может обеспечить привязку к поверхности, информацию о наличии объектов над дельфином, частично, их распознавание и т. д.

Внутренняя поверхность мешков представляет собой эпителий кожного типа, поэтому эффекты, возникающие под действием ультразвука, сфокусированного на участок мешка, скорее всего должны восприниматься элементами, подобными осязательным тельцам или терморцепторам. Из этих соображений следует, что психологическое восприятие акустических изображений мешками, по-видимому, может быть ближе к осязанию, чем к зрительному восприятию света или слуховому восприятию зву-

ка, а «акустические глаза» можно называть и органами «пространственного осязания».

Доводы в пользу концепции «акустического глаза»

Наша концепция подтверждается рядом экспериментальных фактов биологического и акустического плана.

Морфология подушки дельфина и прилегающих к ней органов имеет аналогию со строением глаза.

Нейрофизиология центральной слуховой системы китообразных была изучена Т. Буллоком и др. (США, 1968) на 29 особях четырех видов. Отмечена неожиданность сильной электрофизиологической реакции на облучение жировой подушки ультразвуковыми импульсами. С точки зрения «акустического глаза», такая реакция закономерна и даже объясняет относительную равномерность чувствительности по всей ее поверхности.

В эволюции организмов, обитающих в идентичных условиях, как правило, наблюдаются идентичные тенденции развития органов. Известно, что у некоторых рыб в работе органа слуха участвует пузырь. Органы слуха у многих видов животных развились из дыхательной системы. Это значит, что возникновение у дельфинов органов восприятия звука в виде воздушных мешков, развившихся из дыхательной системы, согласуется с общими тенденциями биологического развития.

Представления об «акустическом глазе» не противоречат и предварительные данные о наличии и характере иннервации мешков и подушки. **Акустика.** Лоцируя объекты, дельфин выделяет слабый полезный сигнал из сложнейшей совокупности сигналов, маскирующих его и совпадающих с ним по времени прихода. Система «акустического глаза» способствует такому выделению, так как сигналы от цели и источников помех фокусируются на разных участках поля изображения, аналогично тому, как это происходит на сетчатке глаза. (Глазом видны находящиеся рядом и яркие и темные объекты, так как они

фокусируются на различные участки сетчатки.) При этом «акустические глаза» мало критичны к виду зондирующей посылки и преобразованиям, которые происходят с колебательным процессом в сигнале при локации, потому что искажения сигналов мало влияют на пространственную структуру акустических изображений объектов. Мы не приводим здесь ряда других акустических данных.

Поведенческие реакции дельфинов

Лоцирующий дельфин часто идет на цель, поворачивая голову вбок на $10\text{--}20^\circ$. Это наблюдается и в том случае, когда его глаза закрыты присосками. Повороты головы соответствуют расположению мешков, определяющих направление осей «акустических глаз».

Наблюдения показали, что при поисках мертвой рыбы на дне водоема дельфины переворачивались на спину и плавали, направляя подушку на дно. Обнаруживали на дне рыбу только крупные дельфины афалины и крупные белобочки. Мелкие белобочки быстро прекращали поиски. Дельфин-сосунок обычно вообще промахивался при попытках брать мертвую рыбу, хотя обладал хорошей мышечной координацией и хорошо ориентировался среди крупных объектов. Молодые афалины, которые превышают по размерам белобочек, брали рыбу со дна так же уверенно, как и крупные белобочки и афалины. Концепция «акустических глаз» согласуется с таким поведением дельфинов: области обзора соответствуют расположению «линз», а у маленьких дельфинов вследствие меньших, чем у крупных дельфинов, размеров входного зрачка, согласно волновой оптике, должна быть относительно пониженная разрешающая способность.

Исследования механизмов эхолокации дельфинов приводят нас к представлениям, что функциональные возможности обеих его сенсорных систем — слуха и «акустических глаз» — в основном совпадают. Одни и те же экспериментальные факты — (распо-

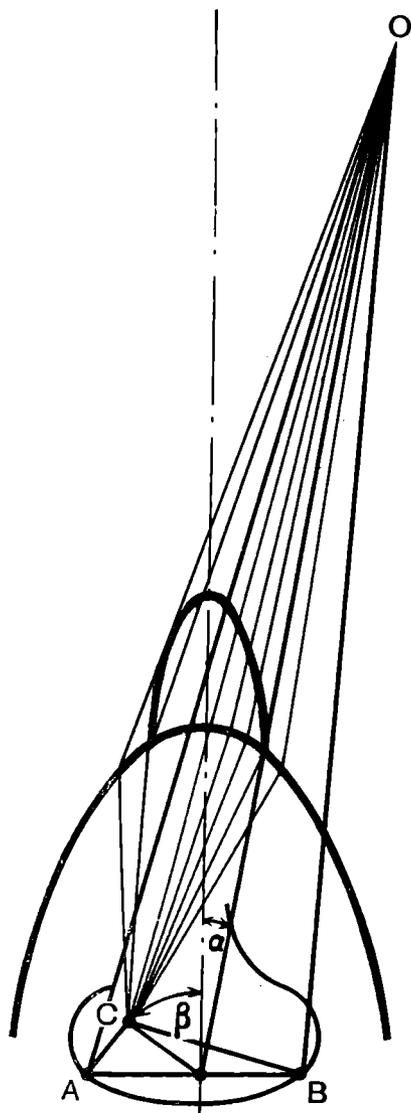


Рис. 4. Схема усиления бинаурального эффекта в «акустических глазах» дельфина. O — объект локации; A, B — буллы (органы слуха) дельфина; C — акустическое изображение объекта O , формируемое жировой подушкой, α — направление на объект (отсчет угла от оси головы дельфина); β — направление на изображение объектов, т. е. усиление бинаурального эффекта отражает соотношения $\beta > \alpha$, показывающее увеличение угловых размеров изображения, и $BC - AC > AO - OB$, иллюстрирующее увеличение разности хода, обуславливающее бинауральный эффект.

знание объектов, помехоустойчивость, способность ориентироваться и определять направление на объект, повороты головы, зоны четкого и нечеткого обнаружения и т. д.) можно объяснить с обеих точек зрения. Анализ не позволяет отдать явное предпочтение какой-либо одной из этих систем восприятия звука (ушами или «акустическими глазами») и полностью исключить другую, но позволяет предполагать их параллельное функционирование с целью использования в определенных ситуациях наиболее сильных сторон каждой из этих систем и с целью коррекции друг друга. Несмотря на то что обе эти системы — акустические, образы объектов, которые они воспринимают, существенно различаются. Образы, связанные с «акустическими глазами», должны ассоциироваться, в основном, с геометрическими представлениями, с непосредственным восприятием пространства и пространственных характеристик объектов. Образы, связанные с ушами в чистом виде, должны в какой-то степени походить на слуховые образы в сознании человека. Преимущество, которое дает каждая из этих систем, в некоторых случаях представляются более предпочтительными у «акустических глаз», например, при быстром движении, при ориентации среди многих объектов, при определении направления на объект; в некоторых — у органов слуха (в чистом виде), например, при распознавании малогабаритных удаленных объектов.

Так же, как для наземных животных биологически целесообразно существование сенсорного комплекса глаза — уши, для условий жизни дельфина целесообразно существование аналогичного сенсорного комплекса «акустические глаза» — уши.

Таким образом, целый ряд экспериментальных фактов, порой даже не имеющих убедительного объяснения, как, например, электрофизиологические реакции слуховых центров мозга на стимуляцию жировой подушки ультразвуковыми импульсами и др., с позиций функционирования «акустических глаз» и сенсорного комплекса «акустические глаза» плюс органы

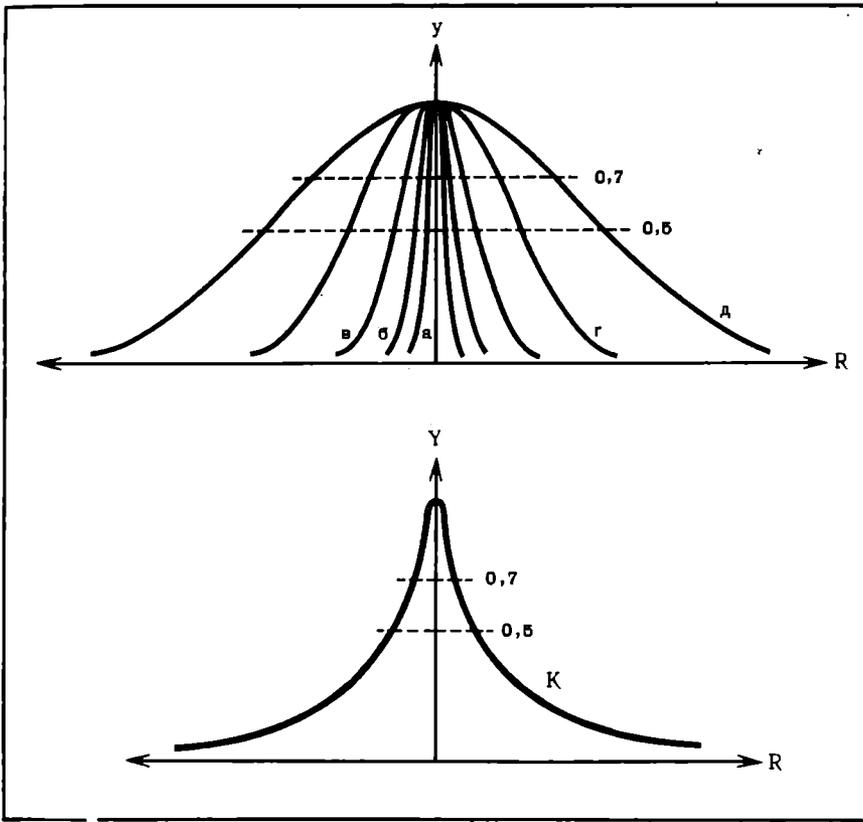


Рис. 5. Схема распределения энергии сигнала в фокальном пятне. y — нормированные значения энергии пяти гармонических составляющих сигнала; Y — результат когерентного сложения (в нормированном масштабе); R — расстояние от центра фокального пятна; кривые $a, б, в$ верхнего графика соответствуют высшим составляющим спектра, $г, д$ — низшим. Очевидно, что результирующая кривая (K) практически не сильно отличается от высших составляющих.

слуха не только объясняются, но и приводятся в единую стройную систему. В этой системе взаимосвязаны экспериментальные данные об акустических процессах, о поведенческих реакциях, о морфологической и гистологической структуре, о тенденциях биологического развития и результаты электрофизиологических исследований.

Биологическое значение «акустических глаз»

Дублирование сенсорных систем биологических организмов закономерно, и формируемые образы представляют собой результат восприятия и обработки информации, поступающей через все органы чувств. При этом недостаточная информация от какого-либо из органов зачастую компенсируется информацией, поступающей от других орга-

нов. Если необходимость компенсации в силу условий жизни становится систематической, то естественный отбор закрепляет полезные приспособительные элементы и стимулирует их развитие. «Акустические глаза» следует рассматривать, как такую приспособительную систему. Они должны компенсировать не функции органов слуха, а вместе с хорошо развитым слухом и другими приспособительными системами — излучающими органами, челюстным волноводом и т. п. — компенсировать ограниченные возможности малоэффективного в воде зрения.

В сенсорном комплексе «акустические глаза» + органы слуха относительная роль «акустических глаз» меньшая, чем роль глаз в сенсорном комплексе глаза + уши многих наземных животных. «Акустические глаза» не полностью дублируют настоя-

щие глаза. Механизм локации дельфина с участием органов слуха, использующий эффекты вращения диаграмм направленности и распознавание по отклику объекта на воздействие относительно стереотипного зондирующего импульса¹, также частично выполняет функции глаз. Кроме того, у дельфина есть часто малоэффективные, но все же полноценные функционирующие глаза. Однако то, что компенсация функций зрения происходит не чисто «акустическими глазами», а вместе с органами слуха и специализированными органами излучения локационных сигналов, не умаляет абсолютного значения «акустических глаз», которое может быть не только большим, но даже жизненно необходимым.

Если говорить о системе типа «акустических глаз» в широком смысле слова, т. е. как о всякой системе, в которой происходит фокусировка звука и его восприятие в виде пространственного образа, то возможно, что такие системы играют значительную роль в жизни организмов, обитающих в водной среде. Например, не исключено, что лучи от пассивных или активных источников звука, фокусируясь в теле некоторых рыб, моллюсков или других организмов, создают какие-то акустические изображения на пространственных структурах, способных воспринимать звук, например, на боковой линии, пузыре и т. п. Естественно, что эти вопросы требуют специального исследования.

Существование «акустических глаз» дельфина имеет и более общее, принципиальное значение. Функционирование «акустического глаза» следует рассматривать как ранее не известное свойство объективного мира — способность живой природы² получать информацию об окружающем пространстве с помощью акустических волн путем формирования и восприятия акустических изображений окружающих объектов, создаваемых по законам оптики фокусирующими звук тканями тела.

УДК 534.7

¹ См. «Природа», 1971, № 9 и 11.

² См. А. Е. Резников. «Акустические глаза» дельфина. «Природа», 1971, № 10.

Герман Гельмгольц как физиолог

Академик АН УССР Е. Б. Бабский

Н. А. Григорьян

Кандидат медицинских наук



Евгений Борисович Бабский, руководитель лаборатории общей и клинической физиологии Института нормальной и патологической физиологии АМН СССР. В последние годы преимущественно разрабатывает проблему физиологии сердца. Автор свыше 300 научных работ и нескольких монографий и учебников.



Норавард Андреевна Григорьян, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Работает в области истории физиологии. Автор монографии: Александр Филиппович Самойлов. М., 1963.

Открытия и концепции Германа Гельмгольца надолго определили развитие многих областей теоретического и экспериментального естествознания. Физиология и физика, механика жидкостей и газов, термодинамика химических процессов, психофизиология органов чувств и клиническая офтальмология — таковы те науки, в развитии которых Гельмгольцем оставлен неизгладимый след. Гельмгольца можно считать основоположником ряда наук. Н. Е. Жуковский говорил, что «современная гидродинамика своим развитием обязана главным образом Гельмгольцу». Известный врач-окулист А. Н. Маклаков утверждал, что открытие офтальмоскопа Гельмгольцем «сделало в офтальмологии решительный переворот: можно было бы без особенной погрешности принять, что офтальмология как точная наука начала существовать лишь с 1851 года».

Говоря о Гельмгольце как физиологе, прежде всего следует отметить, что ни один другой ученый так тесно не связал физиологию с физикой и не обогатил и ту и другую столь выдающимися достижениями. Все физиологические исследования Гельмгольца проводились физическими методами и постоянно опирались на данные физики. Вместе с тем проблемы физиологии и наблюдения в ходе физиологических экспериментов побуждали Гельмгольца к анализу физических явлений и давали материал для широких обобщений. Мы не погрешим против истины, если скажем, что первоначальной целью всех ранних физических исследований Гельмгольца было его стремление физически интерпретировать физиологические явления. Так, он сам

говорил, что свою работу «О сохранении силы», в которой было дано обоснование всеобщего закона природы — закона сохранения энергии, он предпринял «в интересах физиологии».

О том, как в творчестве Гельмгольца были связаны физика и физиология и какое значение имела эта связь, он с большой скромностью говорил в автобиографической речи: «Я сам приписывал свою удачу главным образом тому счастливому обстоятельству, что, обладая некоторой долей геометрического смысла и сведениями по физике, я попал в сферу медицины и здесь, в физиологии, встретил девственную почву необычайного плодородия; а с другой стороны, знакомство с явлениями жизни наводило меня на такие вопросы и соображения, которые обыкновенно бывают чужды чистому математику и физiku».

Для физиологии основополагающее значение имели 5 групп работ Гельмгольца: 1 — открытие закона сохранения энергии; 2 — определение теплообразования в мышцах и анализ мышечного сокращения; 3 — измерение скорости распространения возбуждения в нервах; 4 — исследования по физиологии глаза; 5 — исследования по физиологии слуха.

Открытие закона сохранения энергии, получившего благодаря работе Гельмгольца силу полной убедительности, дало научное обоснование физико-химического направления в физиологии. Оно имело исключительное значение в торжестве материалистического понимания жизненных явлений. Стало ясно, что в организмах энергия не создается и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в

другие. С этого времени живой организм начали рассматривать как сложную физико-химическую систему, все энергетическое поведение которой совершается согласно законам сохранения материи и энергии. Это был сокрушительный удар по виталистическим концепциям.

С законом сохранения энергии связаны такие исследования Гельмгольца, как «О потреблении вещества при мышечной работе» (1845) и «О развитии тепла при мышечной работе» (1847). В первом из них было показано, что деятельность мышцы сопровождается потерей веса. Во втором сообщении Гельмголец описал опыты, в которых он посредством сконструированного им термоэлектрического столбика измерял теплообразование в мышцах лягушки. Таким образом было найдено, что температура мышечных волокон возрастает при одиночном сокращении на $0,001—0,005^{\circ}$, а при тетаническом (от лат. *tetanus* — оцепенение, судорога) сокращении — на $0,1^{\circ}$.

Гельмгольцем были проведены еще и другие важные исследования по физиологии мышц. С помощью оригинальной конструкции прибора он определил продолжительность одиночного сокращения, возникающего в ответ на один короткий импульс, а затем разработал и теорию длительного тетанического сокращения, положив в ее основу идею о суперпозиции (накладывании) одиночных сокращений, следующих друг за другом настолько быстро, что каждое предыдущее не успевает заметно ослабнуть к моменту начала последующего.

Особую группу работ Гельмгольца составили исследования мышечного шума или тона (1864—1868 гг.), в результате которых он обнаружил, что длительное сильное сокращение мышцы сопровождается низкочастотным тоном или шумом. Вначале исследователь нашел это в опытах на себе самом: он затыкал уши и сильно сжимал челюсти или вызывал сокращение лицевых мышц. В дальнейшем Гельмголец, пользуясь стетоскопом, обнаружил звуковые явления и у других людей при мышечном сокращении. Частота звуковых колебаний оказалась равной 36—40 в секун-

ду, причем основной тон соответствовал 18—20 колебаниям в секунду. Это исследование привело к выводу, что естественные сокращения мышц являются тетаническими, складываемыми из слияния одиночных.

К выдающемуся открытию, от которого ведет свое начало современная физиология нервных волокон, привело исследование Гельмгольцем скорости распространения возбуждения в нервах, результаты которого были опубликованы в 1850 г. Для решения поставленного вопроса автор разработал два точных и остроумных инструментальных метода и нашел, что скорость распространения нервного импульса относительно невелика: в нервах лягушки она составляет всего 30 м/сек; со времен же Ньютона эту скорость приравнивали к скорости света. Это исследование произвело переворот в физиологических представлениях: ведь в физиологии тогда господствовало мнение И. Мюллера о принципиальной невозможности измерения скорости распространения нервного возбуждения.

В дальнейшем, в 1867 г. Гельмголец совместно со своим учеником русским физиологом Н. И. Бакстом определил скорость распространения возбуждения в двигательных нервах человека. Исследования Гельмгольца легли в основу измерения скорости психических реакций, т. е. времени от момента раздражения чувствующего нерва до возникновения соответствующего движения. Еще до Гельмгольца астрономам было известно, что точность отсчета времени прохождения звезды через меридиан различна у разных наблюдателей и зависит от их «личного уравнения». Гельмголец показал, что скорость распространения возбуждения по нервам человека относительно постоянна и что индивидуальные различия скорости реакции зависят от различий во времени перехода возбуждения в центральной нервной системе с чувствительного пути на двигательный.

В 1851 г. Гельмгольцем были начаты его классические труды по физиологии органов чувств. Первый же шаг в эту область науки ознаменовался большим успехом — изобретением глазного зеркала — офтальмо-

скопа. Это было событие выдающегося значения для практической медицины. Благодаря офтальмоскопу впервые стала доступной для визуального наблюдения живая сетчатка глаза. С помощью этого прибора офтальмологами были обнаружены некоторые неизвестные ранее заболевания дна глаза.

Выдающийся интерес имела работа Гельмгольца «Об одном до сих пор неизвестном изменении в глазу человека при измененной аккомодации», опубликованная в 1853 г. Здесь Гельмголец раскрыл механизм приспособления глаза к видению разноудаленных предметов. Это явление считалось совершенно загадочным, и существовало много противоречивых его объяснений. Гельмгольцу удалось выяснить, что при рассматривании близких предметов уменьшается радиус кривизны хрусталика в результате того, что при сокращении ресничной мышцы уменьшается тяга связок, растягивающих хрусталик, и он потому становится более выпуклым. В этой работе Гельмголец применил изобретенный им прибор для измерения кривизны преломляющих поверхностей в глазу — офтальмометр.

Говоря об изобретенных Гельмгольцем приборах — а их немало, — следует сказать, что, как правило, он сам их мастерил, пользуясь материалами, имевшимися под руками: очковыми стеклами, покровными стеклышками для микроскопических препаратов, катушками из-под ниток, проволоками, веревочками, пробками, огарками свечи и т. п. О том, как и почему Гельмголец сам изготовлял приборы, становится ясным из его собственных слов: «Я привык — и считаю эту привычку очень полезной, — когда вступаю на совершенно новый путь исследования, строить предварительные модели приборов; хотя они были ломкие и из плохого материала, но позволяли обнаружить первые следы ожидаемого явления и установить главные препятствия в его изучении. И уже после того, как были закончены пробные наблюдения и теоретические рассуждения, я советовался с механиком, который переводил мои мысли в сталь и латунь».

С помощью изобретенного Гельм-



Герман Гельмгольц. 31 августа 1821 — 8 сентября 1894. 1848 г.; даггерротип.

гольцем офтальмометра было обнаружено неизвестное ранее нарушение лучепреломления в глазу — астигматизм. Последний состоит в том, что преломление лучей роговицей неодинаково в горизонтальном и вертикальном направлениях, вследствие чего на сетчатке получается изображение, искаженное по вертикали или горизонтали. Исследования астигматизма не только вскрыли его происхождение, но и подсказали способ его исправления — посредством очков с цилиндрическими линзами.

В 1855 г. Гельмгольц приступил к

работам, посвященным восприятиям цветности. Тогда же он начал писать один из самых замечательных своих трудов — «Руководство по физиологической оптике», которое было издано в виде трех выпусков, вышедших из печати в 1856, 1860 и 1867 гг. Этот труд мог быть создан только благодаря необычайно удачному сочетанию великолепной физико-математической, теоретической и экспериментаторской подготовки автора с глубокими знаниями анатомии глаза. В «Руководстве по физиологической оптике» дано изложение всех глав-

ных проблем физиологии глаза и психологии зрительных восприятий, начиная с основ учения о лучепреломлении в линзах и кончая сложными проблемами эстетических представлений.

Построение «Руководства» соответствует трем направлениям, по которым, согласно Гельмгольцу, должно вестись изучение деятельности зрительного аппарата человека: 1 — физическое направление, задача которого — изучение глаза как оптического прибора (диоптрика глаза); 2 — физиологическое направление, которое изучает процессы, происходящие в рецепторных аппаратах сетчатки и в чувствительных нервах и связанных с ними отделах центральной нервной системы при возбуждении их естественным либо искусственным путем; 3 — физиолого-психологический аспект, преследующий наиболее сложную задачу — изучение восприятия объектов внешнего мира в целом.

Весьма большой интерес представляет развитая Гельмгольцем трехкомпонентная теория цветного зрения. Идея теории была предвосхищена М. В. Ломоносовым, который за 100 лет до Гельмгольца, не имея экспериментальных данных, высказал мысль о наличии трех основных цветов — красного, зеленого и голубого — и, соответственно, трех цветовоспринимающих частиц в глазу. Эта же идея, также без экспериментальных доказательств, была выдвинута в 1802 г. Томасом Юнгом.

Гельмгольц экспериментально доказал, что, действительно, существуют три основных цвета — красный, зеленый и фиолетовый, из смешения которых в разных пропорциях получаются все остальные цвета спектра. Далее он пришел к заключению, что «в концевых аппаратах волокон зрительного нерва имеются три рода фотохимически разлагаемых веществ, имеющих различную чувствительность по отношению к разным частям спектра».

В третьем разделе «Руководства по физиологической оптике» изложено учение Гельмгольца о восприятии пространства. Здесь автор смело перебрасывает мост от физиологии к психологии. Гельмгольц нашел, что у человека в оценке расстояния и вос-

приятия объемности рассматриваемых предметов существенную роль играют движения головы и глаз; он установил значение в пространственном видении бинокулярного зрения (зрения двумя глазами) и мышечного чувства, связанного с восприятием сокращений глазных мышц. Согласно Гельмгольцу, у человека способность воспринимать пространство лишь медленно и постепенно приобретается на основе жизненного опыта, путем сопоставления зрительных образов предметов в обоих глазах с восприятием движений глазных мышц и осязанием. Учение Гельмгольца о пространственном зрении противоречило пользовавшимся тогда широким признанием философским воззрениям Канта, считавшего, что представление пространства не постигается человеком из опыта, а является врожденной, априорной способностью ума, трансцендентной категорией сознания.

Одновременно с исследованиями в области физиологической оптики Гельмгольц изучал проблемы физиологической акустики и своими работами в этой области заложил основы современной физиологии слуха. Итогом этой линии исследований Гельмгольца явилась его книга «Учение об ощущениях тонов как физиологическая основа для теории музыки», первое издание которой вышло в 1863 г. Принцип построения этой книги до некоторой степени сходен с общим планом его труда по физиологической оптике. Первая часть книги посвящена основам физической акустики. Здесь дается физическая характеристика звука, рассматривается теория звуковых колебаний, проблема тембра звука и обертонов, описываются методы анализа звуков и законы резонанса. Далее автор переходит к проблемам физиологической акустики, т. е. к процессам, происходящим в ухе при звуковых колебаниях и восприятию их рецепторными приборами.

Гельмгольц проанализировал значение формы барабанной перепонки, рассмотрел механизм передачи звуковых колебаний системой слуховых косточек среднего уха и создал теорию восприятия звуковых колебаний кортиевым органом улитки. Эта тео-

рия, получившая название резонаторной, основывается на предположении, что волокна основной перепонки в улитке натянуты подобно струнам и имеют разную собственную частоту колебаний, на которую они способны резонировать. Волокна у основания улитки наиболее коротки и резонируют в ответ на высокие звуки, а волокна, находящиеся у вершины улитки, значительно длиннее и резонируют в ответ на низкие тоны. Колебания каждого отдельного волокна основной перепонки воспринимаются рецепторными клетками, расположенными на этом волокне.

Резонаторная теория слуха Гельмгольца пользовалась до недавнего времени почти всеобщим признанием. В последние годы, правда, некоторые ее положения были подвергнуты пересмотру. Вместе с тем современные исследования физиологов показали правильность основной идеи, лежащей в основе теории Гельмгольца — идеи о значении явлений резонанса различных участков основной перепонки при звучании тонов разной высоты.

С проблемами физиологической акустики связаны проведенные Гельмгольцем исследования голосообразования у человека. Он рассматривал голосовые связки как подобие язычка в язычковых музыкальных трубах, а полость рта, носа и гортани — как систему резонаторов, от которых зависит тембр голосов. На основании исследования строения и функции голосового аппарата Гельмгольц создал теорию формирования гласных звуков, сохранившую свое значение и в наше время. По поводу этой работы Гельмгольца И. М. Сеченов говорил: «...одного такого исследования, как учение о происхождении гласных звуков, было бы достаточно, чтобы обессмертить имя Гельмгольца». Нужно сказать, что ту же фразу можно произнести и по поводу изобретения офтальмоскопа, и по поводу работы «О сохранении силы», и по поводу измерения скорости распространения возбуждения в нерве, и по поводу ряда других работ этого гения теоретического и экспериментального естествознания XIX в.

Труды Гельмгольца по физиологической оптике и акустике получили

восторженные отзывы крупнейших ученых как в его время, так и в последующие годы. Так, К. А. Тимирязев писал: «...главу об органах чувств у животных после той обработки, которую она получила в двух бессмертных трудах Гельмгольца, должно признать самым совершенным отделом физиологии...». И хотя сегодня некоторые положения, развитые этим великаном науки, пересмотрены, однако и теперь можно присоединиться к мнению К. А. Тимирязева.

В своих исследованиях Гельмгольц дал образцы материалистического истолкования изучавшихся им конкретных фактов. Он обнаруживал гениальную прозорливость в понимании физических и физиологических закономерностей. И, вместе с тем, в его трудах встречаются идеалистические высказывания и трактовки некоторых принципиальных гносеологических проблем, возникавших перед исследователем при изучении физиологии органов чувств. Такая непоследовательность мировоззрения Гельмгольца объясняется тем, что оно первоначально сложилось под большим влиянием идеалистической философии Канта; в дальнейшем же, в процессе своих научных исканий, Гельмгольц по многим кардинальным вопросам теории познания, таким, например, как понимание причинности, представление о пространстве, отошел от ортодоксального кантианства, хотя и не смог полностью преодолеть его влияние.

Считая истинным призванием естествоиспытателя раскрытие и понимание причинной связи явлений, Гельмгольц предупреждал, что нельзя рассчитывать достигнуть этого «внезапными проблесками гениальности». «Истинный художник и истинный естествоиспытатель, — говорил он, — знают, что великие результаты даются только великим трудом». «Только деятельность, — утверждал Гельмгольц, — составляет достойное существование человека, — он должен поэтому стремиться или к практическому приложению познаний, или к обогащению самой науки».

И то, и другое было в высочайшей мере достигнуто этим замечательным человеком.

Галактика Андромеды

Я. Э. Эйнасто

Доктор физико-математических наук

М. М. Йывэвэр



Ян Эльмарович Эйнасто, старший научный сотрудник Института физики и астрономии АН ЭстССР. Основное направление работ — исследование структуры и эволюции галактик.



Миккель Миккелевич Йывэвэр, младший научный сотрудник Института физики и астрономии АН ЭстССР. Занимается исследованием пространственного строения и кинематики разных подсистем звезд в Галактике.

Обсерватория Института физики и астрономии АН ЭстССР в Тарту — одна из старейших в нашей стране. В ее стенах было сделано много крупных открытий. Важные результаты получены в советское время, в частности исследована галактика Андромеды и математически рассчитана ее модель.

В ясную ночь в созвездии Андромеды, вблизи звезды ν And, на том месте, где на старинных небесных картах изображаются цепи, приковывающие красавицу Андромеду к скале, видно слабое туманное пятнышко. Впервые о нем упоминается уже в звездном каталоге Аль-Суфи (около 960 г.). Это самый далекий объект из видимых невооруженным глазом — знаменитая туманность Андромеды, она же галактика Андромеды, M 31 или NGC 224.

Вытянутое в направлении с северо-востока на юго-запад, по площади примерно равное половине лунного диска, это видимое невооруженным глазом диффузное пятно — лишь центральная часть M 31. В телескоп заметен линзообразный вид туманности, становятся видимыми два маленьких спутника — эллиптические галактики M 32 и NGC 205. Сфотографированная при помощи светосильных телескопов с длительными экспозициями, галактика Андромеды покрывает на небе область размерами $1^{\circ}, 5 \times 6^{\circ}$, т. е. примерно 50 лунных дисков. На photographиях видны детали строения галактики, вырисовываются ее спиральные ветви (рис. 1).

Галактики — это гигантские звездные системы, состоящие из миллиардов отдельных звезд. Кроме звезд разных типов, в галактиках сущест-

вует еще и межзвездная материя — газ и пыль, а также меньшие звездные системы типа звездных скоплений и ассоциаций. Солнце находится вблизи плоскости симметрии нашей Галактики, где плотность межзвездной пыли наибольшая. Поэтому далекие от Солнца области Галактики, в том числе и центр Галактики, из-за экранирования света пылью либо наблюдаются лишь с большими трудностями, либо вовсе недоступны современной наблюдательной технике. Таким образом, как ни странно, спиральную структуру и общее строение ближайших галактик мы знаем лучше, чем строение нашей звездной системы.

M 31 — самая близкая к нам внешняя гигантская спиральная галактика, что определяет ее исключительно важную роль при изучении строения и эволюции галактик. В этом смысле много дало исследование звездного состава M 31, сравнение его со звездным составом нашей Галактики и с результатами теории звездной эволюции.

Астрономы шаг за шагом расширяли свои знания о галактике Андромеды, о структуре и эволюции галактик вообще. Многие числовые данные получены недавно на Астрофизической обсерватории им. В. Струве в Тарту. Часть из них публикуется здесь впервые.

Расстояние и размеры

Хотя в середине прошлого столетия визуальными наблюдениями на больших телескопах было открыто несколько тысяч туманностей, ничего определенного не было известно об их природе. Дальнейшие успехи были связаны с астропhotографией. Так, в 1887 г., уже на первой удачной фотографии М 31 была открыта ее спиральная структура. В 1899 г. было обнаружено, что спектр центральной части М 31 похож на звездный спектр. Лучевая скорость¹ М 31, определенная в 1914 г., оказалась неожиданно большой (—300 км/сек).

Для понимания природы М 31 не доставало знания расстояния до нее. В 1917 и в последующие годы был открыт целый ряд Новых звезд в М 31. В предположении, что их светимость в максимуме блеска такая же, как у Новых нашей Галактики, расстояние до М 31 получилось около миллиона парсеков. Но в такое колоссальное расстояние не верили и в качестве аргумента приводили вспышку вблизи центра туманности Андромеды яркой Новой звезды S And, замеченной в 1885 г. тартуским астрономом Э. Гартвигом. По этой Новой расстояние до М 31 получилось гораздо меньше (~1000 пс). Однако тогда не знали, что, кроме обычных Новых, существуют гораздо более яркие — Сверхновые и что S And именно такая Сверхновая звезда.

В 1925 г. при помощи 100-дюймового рефлектора американскому астроному Э. Хаббл удалось различить отдельные наиболее яркие звезды в спиральных ветвях туманности Андромеды. Среди них нашлись переменные звезды — цефеиды. Светимость цефеид находится в тесной зависимости с периодом колебания блеска. Поэтому, зная период, нетрудно вычислить светимость, а сравнивая светимость с видимой яркостью цефеид, — определить и расстояние. При помощи цефеид Хаббл нашел, что М 31 находится на расстоянии 285 тыс. пс. Такое же расстояние по-



Рис. 1. Галактика Андромеды (М 31) с близкими спутниками — эллиптическими галактиками М 32 (ниже центральной области М 31) и NGC 205 (вверху справа).

лучилось и для спиральной туманности М 33 в соседнем созвездии Треугольника¹. Размеры обеих оказались того же порядка, как и у нашей Галактики. Стало ясным, что в случае спиральных туманностей мы наблю-

даем не подлинные туманности, а рассеянные скопления вещества, подобные нашей Галактике, только из-за огромного расстояния свет одиночных звезд сливается в общее туманное свечение.

Со времен Хаббла не раз уточняли соотношение период — светимость цефеид, стали учитывать межзвездное поглощение света. При этом уточня-

¹ Лучевая скорость — скорость приближения (—) или удаления (+) наблюдаемого объекта вдоль луча зрения.

¹ См. Ю. П. Псковский. Перепись населения Местной группы галактик. «Природа», 1972, № 8.



Рис. 2. Звездные облака на периферии М 31.

лось и расстояние до М 31, которое, по последним определениям, составляет 690 тыс. пс. Это $2,1 \cdot 10^{19}$ км, или 2,2 млн световых лет. Менее определенно оценивается диаметр М 31, так как нельзя указать резкую границу, где кончается звездная система и начинается межгалактическое пространство.

М 31 имеет форму диска. Наибольшая протяженность вдоль плоскости

симметрии диска порядка полусотни килопарсеков; наименьшая (перпендикулярно плоскости диска) — порядка десяти килопарсеков.

Различные населения звезд

Сначала разложить на звезды удалось только спиральные ветви соседних галактик. Оказалось, что звезды там распределены не случайно, а об-

разуют отдельные сгустки — звездные облака (рис. 2). Особенно хорошо индивидуальные звезды были видны на фотопластинках, чувствительных к синим лучам; на чувствительных к красным — звезды спиральных ветвей Андромеды получались заметно слабее. Отсюда можно было заключить, что рассматриваемые звезды — голубого цвета. Аналогия с Галактикой была полная: и здесь ярчайшими

объектами периферийных областей оказываются голубые гиганты — яркие звезды высокой температуры.

Центральные области галактики Андромеды, а также ее карликовые эллиптические спутники Хаббл и его последователям разложить на звезды не удалось. Однако спектральные наблюдения показали, что и в этих местах должны быть звезды: в спектре хорошо видны линии поглощения, типичные для желтых и красных звезд.

Только через 20 лет успеха в этом направлении добился немецкий астроном В. Бааде, работавший в США. Свои наблюдения Бааде сделал во время второй мировой войны. Большинство астрономов США было занято военными исследованиями, и телескопы были мало загружены. Бааде, как подданный противника, был интернирован в обсерватории Маунт-Вилсон, но имел свободный доступ к телескопам. А условия для астрономических наблюдений в Калифорнии были тогда наилучшими, так как ввиду военного времени в городах проводилось затемнение, что устранило помехи, вызванные городским освещением, и позволило при фотографировании неба использовать предельно длительные экспозиции.

Бааде решил попробовать фотопластины, чувствительные к красным лучам. Их чувствительность ниже, чем у обычных фотопластинок, но поскольку фон неба в красных лучах слабее, чем в синих, можно было увеличить время экспозиции до 8—9 час. К тому же было известно, что суммарный цвет центральной области М 31 красноватый, и поэтому можно было надеяться, что такого же цвета и наиболее яркие звезды этой области.

Для наблюдений было выбрано эснее время, когда качество звездных изображений в Калифорнии наилучшее и когда галактика Андромеды наблюдается всю ночь. Чтобы фотопластинка оставалась в фокусе при длительных экспозициях, применялись специальные меры. После такой тщательной подготовки Бааде удалось осенью 1943 г. разрешить на звезды центральную часть М 31 и ее ближайшие спутники NGC 205 и М 32.

После того как разрешение было достигнуто, появилась возможность

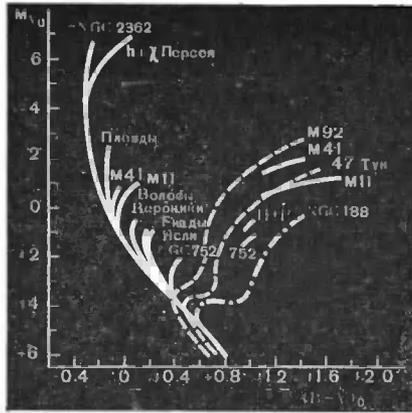


Рис. 3. Схематическая диаграмма цвет — светимость рассеянных (сплошные линии) и шаровых (прерывистые линии) скоплений. Отдельно показано старое, с высоким содержанием тяжелых элементов, рассеянное скопление NGC 188.

ответить на вопрос, что это за звезды — обычные или необычные. Сюрпризом было то, что звезды эти наблюдались в очень большом количестве — десятками тысяч. Значит, центральные части М 31 густо населены. Правда, так считалось и раньше. Но в околосолнечных областях Галактики доля красных сверхгигантов такой светимости, какие были сфотографированы Бааде в М 31, ничтожна и не заметно, чтобы эта доля возрастала к центру Галактики. Обычных красных гигантов в Галактике много, но они слишком слабы, чтобы подобные звезды могли появиться на фотографиях галактики Андромеды. Поэтому именно огромное количество открытых Бааде красных гигантов навело его на мысль, что это какие-то необычные звезды.

Через некоторое время Бааде понял, что такие звезды все-таки есть и в нашей Галактике. Их мало в окрестности Солнца, но много во всех шаровых звездных скоплениях. Это дало ему повод для сформулирования понятия о двух звездных населениях в галактиках. По порядку открытия они были обозначены римскими цифрами I и II. Согласно Бааде, звезды I населения образуют спиральные ветви галактик, причем наиболее яркие среди них — голубые гиганты и сверхгиганты. Звезды II населения образуют центральные части спиральных га-

лактик, эллиптические галактики и шаровые скопления, причем наиболее яркие среди них — красные гиганты и сверхгиганты.

Итак, наша Галактика и галактика Андромеды, по Бааде, образованы смесью двух населений: во внешних областях преобладает I, в центральных — II население. Звезды различных населений в «чистом» виде можно наблюдать в звездных скоплениях. Рассеянные скопления — это типичные объекты I населения, а шаровые скопления — объекты II населения.

Физические свойства звезд удобно описывать при помощи диаграммы, на которой по горизонтальной оси наносится показатель цвета звезды, а по вертикальной — ее светимость в звездных величинах¹. При этом светимость обычно берут в фотометрической системе V, а цвет — как разность звездных величин в системах В и V. Система V близка к визуальной, а система В — к старой фотографической системе, определенной при помощи пластинок, чувствительных к синим лучам.

Рассеянные скопления, более бедные звездами, расположены вблизи плоскости симметрии галактики. Более богатые шаровые скопления встречаются на гораздо больших расстояниях от плоскости симметрии. Из рис. 3 видно, что рассеянные и шаровые скопления существенно отличаются друг от друга и по диаграммам цвет — светимость. В рассеянных скоплениях звезды густо группируются на главной последовательности, которая проходит от левого верхнего конца диаграммы в правую нижнюю ее часть. В этих скоплениях встречаются и обычные звезды гиганты. В шаровых скоплениях нет голубых звезд на главной последовательности; в этих скоплениях главная последовательность начинается с желтых карликов, зато существуют красные гиганты и сверхгиганты.

Доводы Бааде казались убедительными, но к тому времени в науке был сделан уже следующий шаг. Докладывая в 1943 г. на заседании уче-

¹ Эта диаграмма обычно называется диаграммой Герцшпрунга — Рассела.

ного совета Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга о своих последних исследованиях переменных звезд, Б. В. Кукаркин формулирует тезис: **различным структурным и возрастным формациям материи во Вселенной соответствуют различные типы элементов состава, в частности различные типы переменных звезд.**

Галактика, так же как и другие сложные звездные системы, состоит из множества подсистем различного происхождения и возраста. Б. В. Кукаркин выделил три составляющие Галактики: сферическую (типичные представители — переменные звезды типа RR Лиры), промежуточную (звезды типа Миры Кита, Новые) и плоскую (долгопериодические цефеиды).

В том же 1943 г. в научно-популярном издании была опубликована статья тартуского астронома Т. Роотсмая. В этой работе он исследовал движения звезд и нашел связь между средними скоростями и их дисперсиями, с одной стороны, и спектральными классами звезд — с другой. Он объяснил эту зависимость как результат эволюции звезд и Галактики и разработал метод кинематического определения среднего возраста звезд. При этом Роотсмая исходил из предположений, что подсистемы звезд сохраняют свои пространственные и кинематические характеристики и таким образом «помнят» условия, при которых они образовались. Это обстоятельство можно использовать при реконструкции истории Галактики, если известна эволюция звезд, и наоборот.

С течением времени астрономы убедились, что представление о существовании только двух или трех звездных населений — слишком грубое упрощение. В действительности в галактиках множество населений, образующих взаимно проникающие подсистемы различной сплюснутости¹. Природа различных населений выяснилась после того, как астрономы точнее описали эволюцию звезд.

¹ Отметим, что идея о существовании в Галактике множества подсистем была высказана еще в 1927 г. шведским астрономом Б. Линдбладом.

Эволюция звезд

По современным представлениям, основным источником энергии звезд служат ядерные реакции, в первую очередь превращение водорода в гелий.

Звезды образуются из холодного разреженного газа. В процессе гравитационного сжатия температура и светимость газового облака — будущей звезды — повышаются. На диаграмме цвет — светимость звезда смещается налево и вверх. Когда температура в центре звезды достигает определенного значения (~10 млн градусов), «загорается» водород, и возникшая термоядерная энергия, компенсируя потери энергии с поверхности звезды, начинает препятствовать гравитационному сжатию. Звезда перестает сжиматься и переходит в устойчивое состояние. Физические характеристики звезды в этом состоянии зависят от ее массы — чем массивнее звезда, тем левее и выше ее положение на диаграмме цвет — светимость. Звезды разных масс на стадии превращения водорода в гелий населяют на диаграмме главную последовательность. Это самое длительное и спокойное время в жизни звезды.

После израсходования водорода в центральной части ядро звезды начинает сжиматься, а внешние слои расширяются и охлаждаются — звезда движется на диаграмме цвет — светимость направо, в область красных гигантов. Сжатие ядра продолжается до тех пор, пока не будет достигнута необходимая для загорания гелия температура.

В этой стадии жизни звезда не так устойчива, как на главной последовательности. Она может стать механически нестабильной, пульсировать, сбрасывать оболочку. Полагают, что планетарные туманности возникают в результате именно таких интенсивных потерь массы. Звезда малой массы, оставшаяся без оболочки, наблюдается как очень плотный белый карлик. Она медленно остывает и движется на диаграмме цвет — светимость направо и вниз. Свой жизненный путь звезда заканчивает как плотное застывшее тело низкой светимости.

У массивных звезд несколько от-

личный путь эволюции. Она кончается коллапсом ядра, что сопровождается взрывным сбрасыванием оболочки. Внешний наблюдатель видит это как вспышку Сверхновой¹. Остаток звезды сохраняется в виде сверхплотной нейтронной звезды, которая, как и белые карлики, постепенно остывает. Для химической эволюции галактик существенно, что при вспышке Сверхновой быстро происходит целый ряд ядерных реакций, в ходе которых синтезируются различные тяжелые элементы. Продукты этих реакций выбрасываются в космическое пространство и обогащают межзвездное вещество тяжелыми элементами.

Все звезды одного скопления образуются практически одновременно. Массивные звезды быстрее исчерпывают свои ресурсы ядерного горючего. Те из них, активное время жизни которых меньше возраста скопления, уже превратились в белых карликов или нейтронные звезды. У наиболее ярких звезд главной последовательности звездного скопления, масса соответствует времени горения водорода, равному возрасту скопления.

По мере увеличения возраста скопления верхний конец его главной последовательности все время смещается вниз, в сторону более низких светимостей. Уменьшается и общая светимость скопления, а его цвет становится более красным.

Итак, различие в диаграммах цвет — светимость скоплений объясняется различием в их возрасте. Рассеянные скопления, так же как и другие объекты I населения, сравнительно молоды. Шаровые скопления и все другие объекты II населения очень стары; они образовались практически одновременно с образованием галактики.

Начальный химический состав звезд

При более тщательном изучении звездной эволюции оказалось, что различия в диаграммах цвет — светимость нельзя целиком объяснить различием возраста. Рассчитанные модели звезд с содержанием металлов,

¹ См. Г. С. Бисноватый-Коган. Почему вспыхивают Сверхновые. «Природа», 1972, № 6.

равным солнечному, довольно точно воспроизводят ветвь красных гигантов в рассеянных скоплениях. Но как ни увеличивали расчетный возраст звезд, диаграмму цвет — светимость шаровых скоплений получить теоретически не удавалось: теоретические гиганты не были столь яркими, как наблюдаемые. Однако это оказалось легко сделать, уменьшив в сто раз содержание тяжелых элементов. Впоследствии спектральные наблюдения показали, что все звезды шаровых скоплений, действительно, очень бедны тяжелыми элементами.

После этого открытия стало ясным, что различие в населении обусловлено не только различием возрастов, но и различием начального химического состава. Возникло следующее представление об образовании групп, составляющих звездные населения. II население — более старое. Оно возникло из первичной среды, состоявшей почти целиком из водорода и гелия. Более массивные звезды этого населения быстро прошли свой активный участок эволюции и обогатили межзвездную среду тяжелыми элементами. I население — это второе поколение звезд, которое родилось из среды, обогащенной тяжелыми элементами.

В 1957 г. американские астрономы В. Морган и Н. Мейолл открыли, что в спектре центральной части M 31 наблюдаются характерные для I населения полосы циана. Оказалось, что хотя самые яркие звезды центральной области M 31 — это красные гиганты II населения (по Бааде), основную долю в излучение вносят все же звезды, похожие на звезды I населения.

В 1962 г. Х. Спинрад показал, что D-линии натрия очень сильны в спектрах эллиптических галактик и в центральной области спиральных галактик типа M 31. Известно, что эти линии сильны только в спектрах звезд-карликов. Отсюда вытекает, что в центральных областях галактик доля карликов должна быть намного выше, чем в окосолнечном пространстве или в шаровых скоплениях. Другими словами, процесс звездообразования протекал по-разному в различных областях галактики.

Недавно Спинрад обнаружил еще одну особенность ядер некоторых ги-

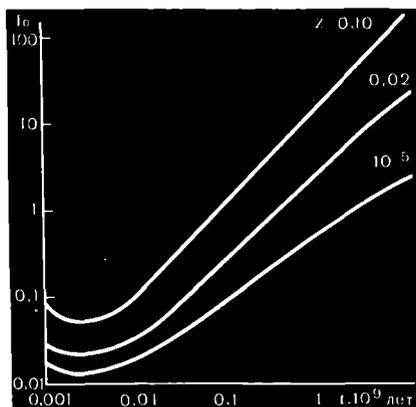


Рис. 4. Изменение отношения f_B массы к светимости с изменением возраста скопления t при разном химическом составе (Z — доля по массе элементов тяжелее гелия).

гантских галактик. Оказалось, что спектры этих образований содержат очень сильные линии металлов — содержание тяжелых элементов там примерно в 5 раз больше, чем на Солнце. По всей вероятности, аномалии в процессе звездообразования в ядрах галактик связаны с аномально большим содержанием тяжелых элементов, способствующим появлению большого числа карликов.

Итак, тезисы Бааде, Кукаркина и Роотсмяз, сформулированные в 1943 г., не потеряли силы и сегодня. Теперь мы можем уточнить эти тезисы: **галактики представляют собой совокупность ряда составляющих, которые образовались из межзвездной среды в разное время и с разным содержанием металлов.**

Существование нескольких составляющих замечено не только по спектральным, но и по фотометрическим наблюдениям. Так, ядра галактик и шаровые скопления практически одинакового возраста, равного возрасту всей галактики, тогда как их цвет заметно различается: у ядер показатель цвета $B - V = 1^m,0$, а у шаровых скоплений — около $0^m,6$.

Одна из фундаментальных характеристик звезд — отношение f массы M к светимости L , т. е. **величина массы, соответствующая единице светимости.** Астрономы привыкли измерять это отношение в солнечных единицах, т. е. считают, что для Солнца $f = M/L$ равняется единице. Отношение массы к светимости тем больше, чем меньше

масса звезды. Так, для звезд главной последовательности с массой $60 M_{\odot}$ величина $f = 6 \cdot 10^{-5}$, а для звезды с массой $0,1 M_{\odot}$ величина $f = 80$.

Отношение суммарной массы к суммарной светимости звездных скоплений и составляющих галактик зависит от их возраста и химического состава. Вычисленная теоретическая зависимость f_B (светимость выражена в фотометрической системе B) от времени для трех значений химического состава изображена на рис. 4. Возраст старых населений каждой галактики приблизительно равен возрасту самой галактики, который оценивается в 10 млрд лет. Расчеты показывают, что старая подсистема звезд, богатая тяжелыми элементами ($Z = 0,10$)¹, имеет $f_B \approx 100$, а для другого крайнего содержания ($Z = 10^{-5}$) получается $f_B \approx 2$. Такая сильная зависимость отношения массы к светимости от химического состава объясняется тем, что у звезд, богатых металлами, более низкие температуры и светимости.

Полученная зависимость отношения f от химического состава позволяет уточнить наши сведения о распределении массы в галактиках, а также проследить физическую эволюцию галактик.

Пространственная структура

Наблюдения дают весьма пеструю и неполную картину структуры галактик. Чтобы объединить все наблюдаемые факты и получить из них действительные характеристики объекта, строят математические модели.

При моделировании нужно учесть наиболее существенные особенности структуры галактик. Наблюдения показывают, что изофоты (линии равной поверхностной яркости) эллиптических галактик и центральных областей спиральных галактик — почти точные эллипсы. Такая форма изофот свидетельствует, что поверхности равной пространственной плотности близки к эллипсоидам вращения. Поэтому при моделировании галактик мы исходим из того, что все их составляющие эллипсоидальной формы, причем для

¹ Z — относительная масса атомов тяжелее гелия.

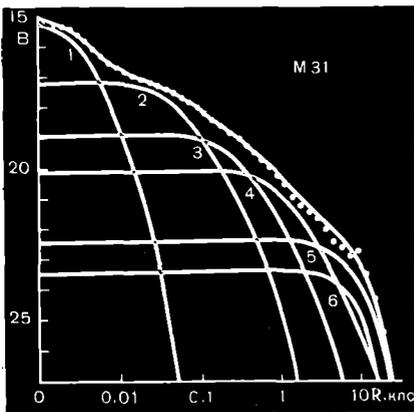


Рис. 5. Распределение яркости в системе V вдоль большой полуоси $M\ 31$. Точки — сводные данные наблюдений; кривые — модель: 1 — ядро; 2 — сердцевина; 3 — основное тело; 4 — гало; 5 — диск; 6 — плоская составляющая; верхняя кривая — сумма всех составляющих; R — расстояние от центра галактики. По оси ординат отложены звездные величины.

разных составляющих отношение осей эллипсоидов может быть различным. Далее, мы считаем, что каждая составляющая физически однородна, т. е. что она состоит из звезд более или менее одинакового возраста и химического состава. Эти предположения, конечно, не вполне точны. Например, у молодых объектов не эллипсоидальное распределение, а спиральные ветви. Однако масса спиральных ветвей мала, и при исследовании общей структуры галактик мы можем все же принять распределение массы эллипсоидальным. От этого предположения нужно отказаться, только если нас интересует структура самих спиральных ветвей.

Основным источником информации о галактиках служат фотометрические и спектрофотометрические наблюдения. Они позволяют измерить распределение света и цвета по галактике и найти ее звездный состав. При интерпретации наблюдательных данных мы встречаем две трудности. Во-первых, из наблюдений мы получаем не сразу данные об отдельных составляющих галактик, а их суммарную яркость, суммарные цвета и т. д. Во-вторых, из наблюдений мы получаем видимое распределение яркости, а для установления структуры галактик нужно знать действительное

распределение массы. Искусство моделирования и состоит в том, чтобы правильно разделить суммарные распределения на отдельные составляющие и перейти от видимых характеристик к истинным.

До недавнего времени данные о составляющих галактик были весьма ограниченными. Поэтому галактики не рассматривались как суммы подсистем с разными физическими характеристиками, а считались физически однородными. Распределение массы в спиральных галактиках вычислялось по их скорости вращения. Последняя отождествлялась с круговой скоростью, т. е. считалось, что гравитационные силы в галактиках точно уравновешены центробежными силами, возникающими при движениях звезд по круговым орбитам вокруг центра галактики. В эллиптических галактиках вращение обнаружено лишь в исключительных случаях, поэтому модели этих галактик строились на основе другого предположения, а именно, считалось, что распределение блеска соответствует распределению массы с точностью до постоянного множителя — отношения массы к светимости f .

Новые данные показывают, что эти предположения недостаточно точны. В центральных областях галактик сильное хаотическое движение звезд в значительной степени уравновешивает гравитационное притяжение галактики. Другими словами, систематическое движение (вращение) мало по сравнению с хаотическим. Так как раньше степень концентрации массы к центру вычислялась по скорости вращения, мы приходим к заключению, что в прежних моделях концентрация массы к центру получилась сильно заниженной. Прежние модели эллиптических галактик искажены аналогичным образом, но по другой причине. По новым данным, отношение массы к светимости не постоянно, а уменьшается при переходе от центральных областей к периферийным.

Первой галактикой, при моделировании которой были учтены все новые данные, и была галактика Андромеды. Численные характеристики модели этой галактики приведены в таблице, а некоторые зависимости изоб-

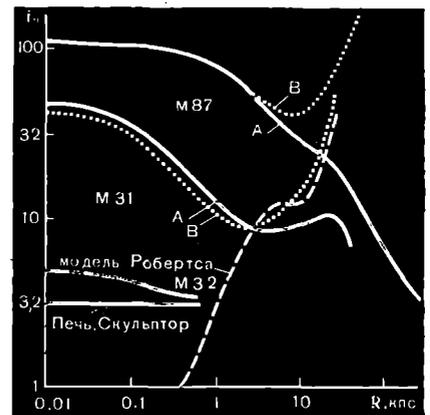


Рис. 6. Зависимость отношения f массы к светимости от расстояния R до центра звездной системы, согласно новым моделям галактик $M\ 87$, $M\ 31$, $M\ 32$ и карликовых галактик в созвездии Печи и в созвездии Скульптора. Для сравнения дана зависимость по модели Роберта для $M\ 31$, в которой скорость вращения отождествлена с круговой скоростью.

ражены на рис. 5—7. Затем новая методика моделирования была применена к галактике $M\ 87$ (гигантская эллиптическая галактика, имеющая наибольшую известную массу, она примечательна огромным выбросом из ядра), эллиптическому спутнику галактики Андромеды $M\ 32$ и к карликовому эллиптическому галактикам в созвездии Скульптора и Печи. Для сравнения данные об этих галактиках также приведены в таблице.

Различие между новой моделью галактики $M\ 31$ и старыми моделями хорошо видно на рисунках 6 и 7. В качестве типичной старой модели выбрана модель Роберта 1966 г., построенная по радионаблюдениям водорода. Вычисленное по модели Роберта отношение массы к светимости убывает по мере приближения к центру, что расходится как с наблюдательными данными Спинрада, так и с результатами численных расчетов эволюции подсистем звезд (см. рис. 4).

На периферии галактики следует ожидать, что объекты плоской составляющей, в том числе и наблюдаемый M . Робертсом межзвездный водород, движутся со скоростями, близкими к круговым. Модель Роберта хорошо представляет наблюдения в этом диапазоне радиусов. Из

Таблица

Параметры моделей галактик

Галактика и ее составляющие	$M, 10^6 M_{\odot}$	$L_B, 10^6 L_{\odot}$	a_0^* , кпс	ϵ	f_B	$B - V$	$U - B$	$\lg \langle \rho \rangle^{**}$ $M_{\odot} \text{ пс}^{-3}$
Галактика	143							
сферическая	35		0,9	0,60				0,68
диск	95		6,4	0,10				-0,84
плоская	13		8	0,02				-1,30
М 31	185	20			9			
кern	0,3	0,006	0,005	0,90	48	0,89	0,67	5,19
сердцевина	27	0,6	0,15	0,90	48	0,89	0,65	2,73
основное тело	47	3,3	0,8	0,90	14	0,85	0,47	0,78
гало	20	6,2	3,0	0,30	3	0,65	0,16	-0,83
диск	85	7,5	9,2	0,08	11	0,82	0,43	-1,27
плоская	6	2,5	8,0	0,02	3	0,33	-0,17	-1,55
М 87	2840	130			22			
кern	15	0,14	0,03	1,00	110	1,03	0,71	4,49
сердцевина	1090	10	1,4	0,98	110	1,03	0,71	1,41
основное тело	1510	50	10	0,90	30	0,88	0,58	-0,99
гало	226	70	76	0,35	3	0,60	0,05	-4,05
М 32	1,61	0,40			4			
кern	0,05	0,01	0,003	0,8	6	0,87	0,38	4,05
основное тело	0,91	0,19	0,04	0,8	5	0,84	0,34	3,03
гало	0,65	0,20	0,20	0,8	3	0,65	0,05	0,79
Печь								
гало	0,072	0,024	0,90	0,65	3	0,65	0,05	-2,18
Скульптор								
гало	0,004	0,0012	0,36	0,65	3	0,65	0,05	-2,21

* a_0 — эффективный радиус составляющей, определяемый из формулы $a_0 = M/(2S_0)$, где M — масса составляющей и S_0 — масса ее меридионального плоскопараллельного слоя единичной толщины.

** $\langle \rho \rangle$ — средняя плотность составляющей.

рис. 7 видно, что на периферии галактики наша модель расходится с наблюдениями. Так как наша модель представляет все возможные типы звезд, нейтральный газ и пыль, то для объяснения расхождения следует предполагать, что в галактике Андромеды присутствует еще вещество в некотором другом виде, например в виде ионизованного газа. Существование такой подсистемы — короны — могло бы объяснить и наблюдаемое непрерывное радиоизлучение этой галактики. Гипотетическая корона включена в нашу модель В (пунктир на рис. 6 и 7). Плотность короны получилась $\sim 10^{-23}$ г/см³, а масса галактики $\sim 185 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Разумеется, это очень грубые оценки.

Рассмотрим теперь отдельные составляющие галактики Андромеды более подробно.

Ядро. Новые данные показывают, что II население (по Бааде) или сферическая составляющая (по Кукаркину) имеет сложную структуру и раз-

деляется на целый ряд различных подсистем. Сложная структура и у центральной области галактик. Наименьшая структурная единица галактик — их ядра. Ядро выделяется среди других составляющих благодаря своей активности. Один из типов активности ядер галактик встречается в сейфертовских галактиках¹, второй тип активности ядер — это взрывы. Такой взрыв произошел в галактике М 82 примерно миллион лет назад². Третий тип активности ядер — выброс вещества узкой струей, как это происходит в галактике М 87. Источником активности не могут быть обычные звезды, поэтому следует допустить, что в центрах галактик существуют особые области, природа которых пока не выяснена.

Галактика Андромеды не принад-

лежит к типу сейфертовских, в ней нет и признаков взрывной активности. Тем не менее косвенные данные указывают на существование массивного не звездного тела очень малых размеров в центре М 31. Это может быть ядро на спокойной стадии своего развития. Масса ядра М 31 оценивается приблизительно в 100 млн M_{\odot} .

Кern. В центре туманности Андромеды находится маленькое (угловой диаметр $\approx 2''$) образование. Это сверхплотное звездное скопление с эффективным радиусом всего 5 пс названо, по предложению Б. А. Воронцова-Вельяминова, kernом. Kern богат металлами; по спектральным наблюдениям отношение массы к светимости $f_V = 43,5$. Примерно такое же значение f получается и из кинематических данных, согласно которым, дисперсия скоростей в керне равняется 225 км/сек, а средняя угловая скорость вращения 12 км/сек на парсек.

По этим данным, масса керна М 31 равна 300 млн M_{\odot} , а средняя плотность вещества составляет $2 \cdot 10^5 M_{\odot} \cdot \text{пс}^{-3}$. Возникает вопрос: не слишком ли тесно звездам в керне, не происходят ли на скоростях ~ 200 —300 км/сек столкновения звезд?

Некоторые авторы пытались таким путем объяснить активность ядер галактик. Если при лобовом столкновении двух звезд скорость столкновения меньше 1800 км/сек, взрыва не происходит, а из двух звезд образуется одна более массивная звезда. При частых столкновениях звезды могли бы быстро расти, звездная эволюция протекала бы скорее; поэтому происходили бы чаще вспышки Сверхновых или какие-нибудь другие катастрофические события, что могло привести к быстрому обогащению межзвездного вещества тяжелыми элементами. Расчеты показывают, однако, что в настоящее время столкновения очень редки и этим путем нельзя объяснить ядерную активность галактик.

Основное тело. Вокруг очень компактного керна простирается яркая плотная часть сферической составляющей спиральных галактик, — так называемое основное тело или балдж. В М 31 эффективный радиус основного тела ~ 1 кпс, т. е. в 200

¹ См. Э. А. Дибай, Сейфертовские галактики. «Природа», 1972, № 1.

² А. Сэндидж. Взрывающаяся галактика. «Природа», 1965, № 4.

раз больший, чем радиус ядра. По фотометрическим данным, основное тело кажется однородным. Однако новейшие спектральные данные указывают, что внутренняя часть богата металлами, а во внешней части химический состав близок к солнечному.

От химического состава зависит отношение массы к светимости. Во внутренней части основного тела, по спектральным наблюдениям Спинрада, $f = 50$. Для нормального (солнечного) химического состава вычисления на основе закона звездообразования дают значение $f = 14$. Поэтому приходится разделить основное тело М 31 на две составляющие с разными отношениями массы к светимости. Для внутренней части предложено название сердцевина, а для внешней оставлено прежнее название. Радиус сердцевины определяется по ходу интенсивности некоторых спектральных линий, чувствительных к химическому составу и к количеству красных карликов.

Гало. Это наиболее протяженная часть сферической составляющей, бедная тяжелыми элементами. Эффективный радиус гало в М 31 составляет 3 кпс. Суммарная светимость гало вдвое больше, чем светимость основного тела, но оно занимает в 10 раз большую площадь и поэтому пока недоступно спектральным наблюдениям.

У звезд гало такие же характеристики, как и у звезд шаровых скоплений: большой дефицит тяжелых элементов, отношение массы к светимости мало, показатели цвета также малы.

Диск и плоская составляющая. Под диском подразумевается совокупность подсистем с отношением полуосей у эллипсоидов равной плотности в диапазоне $0,04 < \epsilon \leq 0,10$ (ϵ — отношение осей эллипсоидов равной пространственной плотности, а под плоской составляющей подразумеваются подсистемы с $\epsilon \leq 0,04$). О свойствах звезд этих составляющих можно судить по аналогии со звездами в нашей Галактике. В окосолнечном пространстве подавляющее большинство звезд относится именно к этим населением, и поэтому они хорошо изучены.

Наиболее старые звезды диска

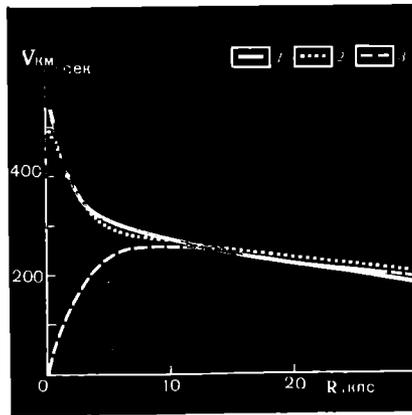


Рис. 7. Зависимость круговой скорости V от расстояния R до центра М 31; 1 — модель Эйнасто (вариант А — без короны), 2 — модель Эйнасто (вариант В — с короной), 3 — модель Робертса.

лишь немного моложе самой Галактики. Очевидно, образование диска началось вскоре после образования всей Галактики и длилось долго. Звезды плоской составляющей моложе звезд диска. Средний химический состав звезд диска и плоской составляющей близок к солнечному.

В плоской составляющей М 31 наблюдениям доступен целый ряд подсистем: межзвездный газ и пыль, звездные ассоциации, цефеиды, голубые сверхгиганты. Все эти подсистемы образуют спиральные ветви. Из исследования взаимного расположения газа и молодых звезд можно сделать определенные заключения о законе звездообразования.

Кинематика

При построении модели распределения массы в М 31 были использованы и данные о движении звезд. Величина дисперсии скоростей в центре дала независимую оценку отношения массы к светимости, а скорость вращения позволила определить полную массу галактики.

Когда модель распределения массы найдена, можно вычислить и такие кинематические характеристики, которые недоступны прямым наблюдениям. Приведем некоторые из них, причем в скобках даны значения тех же величин для Галактики. На расстоянии $R = 10$ кпс от центра (рав-

ном расстоянию от центра Галактики до Солнца) в плоскости симметрии круговая скорость (скорость движения на круговой орбите) $V = 279$ (250) км/сек; скорость освобождения (скорость необходимая для ухода звезды из системы) $V_k = 436$ (365) км/сек. На периферии на расстоянии $R = 30$ кпс от центра $V = 184$ (147) км/сек; $V_k = 253$ (205) км/сек. Зависимость круговой скорости от расстояния R представлена на рис. 7.

Как видно, кинематика обеих систем весьма сходна. Большие значения V и V_k в М 31 обусловлены тем, что масса галактики Андромеды больше.

Для одного оборота звезды вокруг галактического центра (так называемый галактический год) по круговой орбите при $R = 10$ кпс требуется $220 \cdot 10^6$ лет в М 31 и $245 \cdot 10^6$ лет — в Галактике.

Эволюция

Описанная модель характеризует современное состояние галактики Андромеды. А что было в прошлом, как галактика возникла, как развивалась и какой она станет в будущем? Ответ на эти вопросы надо искать в теории эволюции галактик, которая изучает образование галактик, изменение физических свойств галактик со временем в результате эволюции звезд, конденсации газа в звезды и обогащения газа продуктами ядерного горения, а также определяет изменение динамических свойств галактик за счет пространственного перераспределения звезд и газа. Полная теория эволюции галактики должна учесть все эти процессы, но проблема очень сложна и пока приходится рассматривать различные процессы отдельно.

Возраст галактик может быть определен несколькими методами. Можно использовать метод радиоактивных изотопов, возраст наиболее старых звездных скоплений, а также космологическое время (возраст Метагалактики). Все эти методы дают хорошие согласующиеся между собой результаты около 10 млрд лет. Можно утверждать, что большинство галактик возникло на ранней стадии развития всей Метагалактики. Изучением

структуры и эволюции материи в этой стадии занимается космология. В последние годы здесь достигнуты немалые успехи, особенно благодаря работам советских ученых (Я. Б. Зельдовича, И. Д. Новикова, Л. М. Озерного и др.). Трактровка космологических проблем выходит, однако, за рамки статьи.

Астрономы почти единодушны в том, что звезды конденсируются из межзвездного газа и пыли. Естественно полагать, что и галактики в целом образуются из той же среды¹.

Согласно модели «горячей Вселенной», в начале развития Метагалактики из сверхплотной и сверхгорячей расширяющейся материи образовались легчайшие химические элементы — водород и гелий (в соотношении 70% водорода и 30% гелия по массе). Расширяясь, эта смесь легких газов охлаждалась. Одновременно в первоначально однородной среде возникли неоднородности. Через некоторое время газ охладился до такой температуры, что его давление в огромных протогалактических газовых облаках было не в состоянии противостоять гравитационному притяжению, и облака начали сжиматься.

Протогалактика Андромеды в то время представляла собой медленно вращающееся почти сферическое облако или группу облаков. Сжатие протогалактики шло в быстром темпе, почти со скоростью свободного падения. Момент вращения при сжатии сохранился, поэтому с уменьшением размеров угловая скорость галактики возрастала.

Когда скорость вращения стала равной круговой скорости, силы притяжения и центробежные силы уравновесились. Дальнейшее радиальное сжатие стало невозможным. Вертикальное же сжатие продолжалось, и в результате протогалактика приняла форму вращающегося диска.

В понимании дальнейшей истории галактики ключевую роль играет так называемая функция звездообразова-

ния. Эта функция показывает, каким образом темп образования звезд и распределение новорожденных звезд по массам зависят от параметров среды, из которой звезды возникают. Более или менее надежно мы знаем функцию звездообразования на современной стадии развития галактик. Имеющиеся данные о распределении молодых звезд и газа в нашей Галактике, в М 31 и в Магеллановых Облаках показывают, что масса звезд, образовавшихся в единицу объема за единицу времени, пропорциональна квадрату плотности газовой среды. Но при плотностях газа меньше $0,01 M_{\odot}/\text{пс}^3$ ($\sim 10^{-24}$ г/см³) звезды не возникают. Вероятность рождения звезды в промежутке масс от M до $M + dM$ пропорциональна $M^{-2,37}$. Это означает, что одновременно с рождением одной звезды с массой $5 M_{\odot}$ образуется 46 звезд с массой $1 M_{\odot}$ и 2000 звезд с массой $0,2 M_{\odot}$ (при одинаковых интервалах масс dM). С повышением температуры газа темп звездообразования уменьшается. Функция звездообразования зависит также от химического состава газа (с повышением доли тяжелых элементов доля звезд с малыми массами увеличивается).

В процессе звездообразования, вероятно, действует механизм обратной связи. Как только появляются звезды, падает средняя плотность газа и повышается его температура (из-за звездного излучения). Все это уменьшает темп звездообразования.

Плотность газа в протогалактике вначале была меньше критической, необходимой для начала звездообразования. По мере сжатия протогалактики ее плотность повышалась, и после достижения критической плотности начался процесс звездообразования¹. Родилось первое поколение звезд — звезды без элементов тяжелее гелия. Такие звезды пока не наблюдались, хотя в принципе возможно, что однажды такую реликтовую звезду откроют. Но последствия их деятельности остались — это тяжелые элементы, синтезированные в недрах Сверх-

новых звезд первого поколения и наблюдаемые в атмосферах звезд следующего поколения — в звездах гало.

Сжатие протогалактики началось в ее центральной области, в этой же области плотность быстрее всего достигла критической. Поэтому звездообразование началось с центра галактики и постепенно перешло в периферийные области. Обогащение газа тяжелыми элементами также началось с центра галактики. Когда на периферии процесс звездообразования только начинался, в центральной области было уже много тяжелых элементов и родились звезды с нормальным, а затем и с повышенным содержанием металлов. Так объясняется наблюдаемая зависимость химического состава звезд галактики от их местоположения.

Таким образом, поколение за поколением формировались звезды, причем каждое поколение оставляло свой вклад в виде синтезированных им тяжелых элементов, так что металличность газа все время увеличивалась. Но каждый процесс имеет свой конец. В центральной, наиболее плотной области галактики звездообразование было наиболее интенсивно, поэтому здесь газ исчерпался скорее всего. По имеющимся данным, в центральной области галактики Андромеды звездообразование прекратилось уже ~ 4 млрд лет назад. Газ, наблюдаемый сейчас в центре М 31, настолько разреженный, что он не может сконденсироваться в звезды. Зона звездообразования сместилась наружу. Наиболее плотные облака газа располагаются в галактике Андромеды на расстоянии 8—10 кпс от центра — это и есть современная область интенсивного звездообразования.

Несколько слов о различиях динамики звезд и газовых облаков. Звезды имеют малые размеры. Поэтому они не сталкиваются между собой и долго сохраняют ту орбиту, по которой двигалось породившее их газовое облако. Даже сейчас, спустя 9—10 млрд лет после образования, у звезд гало примерно те же пространственная структура и кинематические характеристики, которые были свойственны газовым облакам в момент

¹ В. А. Амбарцумян и ряд разделяющих его представления ученых предполагают, что галактики образовались из некоего сверхплотного состояния вещества. См. В. А. Амбарцумян. Нестационарные явления в мире звезд и галактик. «Природа», 1972, № 7. (Прим. ред.).

¹ Более строгое рассмотрение процесса образования галактик см. А. А. Рузмайкин. Как рождаются галактики. «Природа», 1969, № 11. (Прим. ред.)

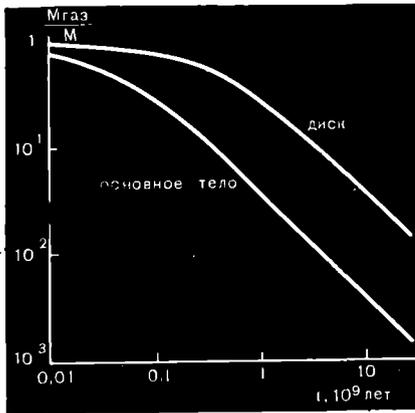


Рис. 8. Рассчитанное уменьшение доли газа $M_{\text{газ}}/M$ в разных составляющих M 31 за 10 млрд лет с экстраполяцией на будущее.

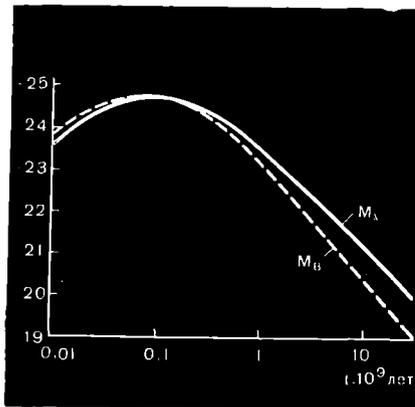


Рис. 9. Вычисленное изменение суммарной абсолютной звездной величины галактики Андромеды в системах B и V . Видно постепенное покраснение галактики в синих лучах B уменьшается быстрее, чем в желтых лучах V). Показано изменение за прошедшие 10 млрд лет и экстраполяция на будущее. По оси ординат отложены абсолютные звездные величины.

рождения этих звезд. Иначе обстоит дело с газом. Поперечное сечение облаков газа гораздо больше, поэтому при движении они сталкивались с другими облаками, потеряли при этом скорость и в конце концов упали в центр галактики или заняли кру-

говые орбиты в только что образовавшемся диске.

Существенные различия в динамике звезд и газа позволяют довольно точно реконструировать динамическую эволюцию галактик. В нашей Галактике, где возраст отдельных подсистем определен достаточно точно, существует взаимно однозначное соответствие — чем моложе подсистема, тем больше ее сплюснутость, причем у подсистем, возникших за первый миллиард лет, параметр ϵ , характеризующий степень сплюснутости, имеет значения $0,1 < \epsilon < 1$, а у всех более поздних подсистем $\epsilon \leq 0,1$. Вероятно, к концу первого миллиарда лет Галактики диск был даже более плоским ($\epsilon \approx 0,02$) и лишь потом дисперсия скоростей звезд в подсистемах диска возросла и их сплюснутость несколько уменьшилась. Причиной увеличения дисперсии скоростей могут быть коллективные гравитационные взаимодействия звезд, возникающие при дифференциальном вращении звездной системы.

Итак, уже к концу первого миллиарда лет основные события в жизни галактики Андромеды были позади. Она приняла знакомый нам дискообразный вид, образовались все звезды гало, 80% звезд диска, большинство звезд основного тела и ядра. Была синтезирована основная доля тяжелых элементов. Звезды продолжали рождаться только вблизи плоскости симметрии, где плотность газа наибольшая. Но основная масса газа была уже исчерпана, плотность оставшегося газа стала относительно низкой и темп звездообразования значительно замедлился.

После первого миллиарда лет развитие галактики состоит в основном в эволюции отдельных звезд, в результате чего изменяются суммарные физические характеристики галактики. Поскольку все звезды стареют, а новых образуется мало, галактика становится все более красной. Суммарная светимость, которая достигла максимума через 100 млн лет после начала звездообразования, уменьшается. В настоящее время светимость M 31 примерно в 40 раз меньше, чем была в максимуме. Поскольку массивные звезды эволюционируют быстрее и превращаются в белые кар-

лики и нейтронные звезды очень низкой светимости, то в галактике постоянно увеличивается доля звезд-карликов, а отношение массы к светимости растет.

Детали физической эволюции галактики во многом зависят от того, каковы параметры звездообразования и каково содержание тяжелых элементов в галактике.

Наконец, мы можем спросить, какова дальнейшая судьба галактики Андромеды?

Выше уже было сказано, что активный период жизни галактики прошел. Масса газа продолжает уменьшаться за счет звездообразования, но процесс все время замедляется. Звезды стареют, стареет и сама галактика; ее светимость уменьшается и цвет становится все более красным. Количественные изменения некоторых физических характеристик на следующие 10^{10} лет вычислены и изображены на рис. 8 и 9.

*

В этой статье мы не претендуем на исчерпывающий анализ проблем, связанных с изучением структуры и эволюции галактики Андромеды. Наука о галактиках — это бурно развивающаяся отрасль астрономии: ежедневно сообщается о новых открытиях, теории уточняются и изменяются. Есть еще много спорного, особенно в теории эволюции галактик. Не исключено, что именно в этих областях в будущем будут сделаны открытия, которые заставят пересмотреть изложенную схему.

УДК 523.855

Рекомендуемая литература

В. Бааде. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД И ГАЛАКТИК. М., «Мир», 1966.

Б. А. Воронцов-Вельяминов. ВНЕГАЛАКТИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ. М., «Наука», 1972.

Эльдарская сосна и куэстовый рельеф

Г. С. Аваков
Кандидат биологических наук
Институт палеобиологии АН Грузинской ССР

Эльдарская сосна (*Pinus eldarica* Medw.) известна как реликт, сохранившийся только в одном месте Закавказья, на очень небольшой площади в эльдарской степи. О ней сложилось представление как о ксерофите, растущем в условиях крайней засушливости, в полупустыне. Вследствие этого она часто используется для облесения сухих склонов в южных районах страны.

В 1971 г. автору этих строк с груп-

пой товарищей-биологов удалось увидеть эльдарскую сосну на месте ее естественного произрастания. Нам бросились в глаза такие обстоятельства, связанные с экологией эльдарской сосны, о которых в литературе либо совсем не упоминается, либо им не придается серьезного значения.

Эта единственная естественная роща, найденная в конце прошлого века лесничим Л. Ф. Млокосевичем и с

тех пор неоднократно посещавшаяся многими ботаниками¹, располагается на хребте Эльяр-оуги, протянушемся вдоль правого берега реки Иори, недалеко от ее впадения в Мингечаурское водохранилище. Хребет Эльяр-оуги является в геоморфологическом отношении типичной куэстой (рис. 1 и вторая стр. обложки). Это гряда, образованная толщей пластов, наклоненных в одну сторону (моноклиналь) так, что один, более пологий склон хребта слагается кровлями верхних пластов, а другой склон образован головами всех остальных пластов, т. е. их обнаженными края-

¹ См. Д. И. Сосновский. Современное состояние и ближайшее будущее заповедника эльдарской сосны. «Изв. Азерб. гос. ун-та, отд. ест. и мед.», т. 7, 1928; Н. Н. Кецохоели. Заповедник эльдарской сосны. В кн.: Заповедники и памятники природы ГрузССР, вып. 1, 1937.

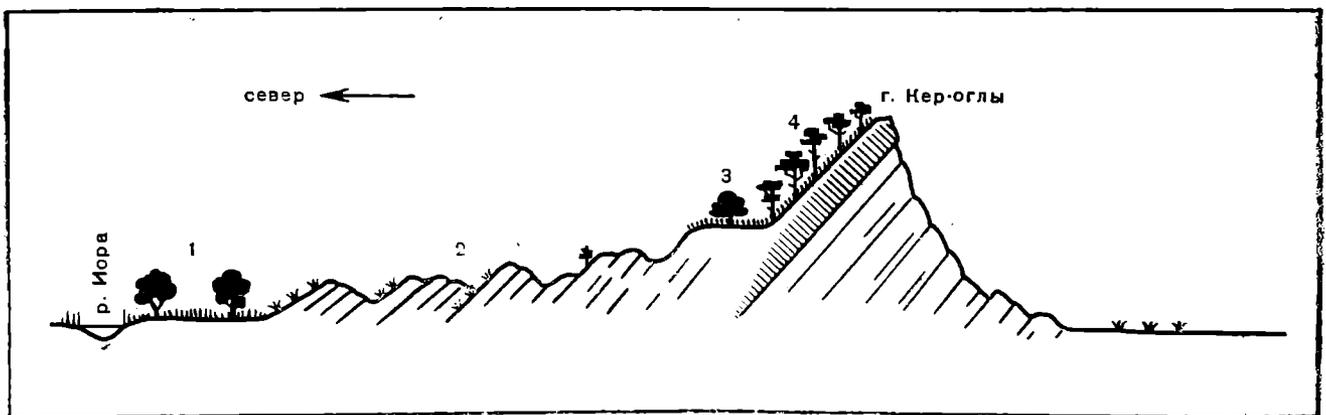


Рис. 1. Поперечный профиль хребта Эльяр-оуги и растительности его северного склона: 1 — пойменный лес в долине Иори; 2 — полупустынная растительность на размытой поверхности пестроцветных глин эльдарской свиты «бедланд»; 3 — можжевельново-фисташковое редколесье; 4 — можжевельново-сосновый лес на плотном сарматском песчанике.

ми, круто обрезанными эрозией. Вдоль средней части этой гряды проходит пласт песчаника, превосходящего по твердости все остальные пласты. Морские ископаемые раковины, которые содержатся в нем, определяют его геологический возраст как верхнемиоценовый (среднесарматский). Благодаря своей твердости он не так быстро разрушается эрозией, как остальные пласты, и поэтому образует самую возвышенную часть хребта — гребень с вершинами. Самая высокая из них (600 м над ур. м.) увенчана развалинами старинной башни и называется Кёр-оглы.

Кровля этого пласта обнажена на большом пространстве и образует пригребневую часть пологого склона, составляя менее половины его высоты. Именно на ней и располагается роща эльдарской сосны. В соответствии с падением пласта эта часть склона обращена на север и поэтому покрыта растительностью, в то время как южный склон хребта совершенно голый. Так же выглядят все куэстовые хребты в этой области — северные склоны их покрыты кустарниковыми зарослями и редкостойным лесом. Но сосна растет только на Элляр-оуги.

Дело в том, что особенностью этого хребта является очень большая, по сравнению с другими, крутизна его северного склона, обусловленная твердостью образующего его пласта песчаника и, главное, углом его падения, равным $40-45^\circ$, при азимуте, почти точно совпадающем с меридианом. Поэтому солнечные лучи падают на его поверхность под очень небольшим углом. Легко рассчитать, что на данной широте ($41^\circ 11'$) даже во время наивысшей кульминации солнца (а именно, во время летнего солнцестояния, когда высота солнца над горизонтом равна $72^\circ 15'$) его лучи падают на склон под углом всего около 32° или 27° . А примерно после осеннего равноденствия и вплоть до весеннего (высота небесного экватора на данной широте $48^\circ 45'$) он вообще весь день остается в тени. Благодаря этому растительность на этом склоне находится в несравненно лучших условиях увлажнения, чем на равнине и на других хребтах с менее крутыми северными склонами, не го-

воря уже об южных. Здесь меньше испаряемость, а туманы и роса (сказывается довольно значительная высота хребта) восполняют недостаток дождевых осадков. Во время нашего посещения скалистый грунт, несмотря на ясную погоду, был настолько влажным, что ноги скользили по нему и подъем был весьма затруднителен. В густом можжевельново-сосновом лесу под башней Кёр-оглы на земле в изобилии рос мох и в травяном покрове встречались даже папоротники: мы нашли два вида — *Cheilanthes persica* (Bory) Mett. с очень крупными для этого вида вайями и *Ceterach officinarum* DC. Н. И. Бурчак-Абрамович встречал на этом хребте в прежние времена также *Asplenium ruta-muraria* L.¹

Сухие леса восточного Закавказья называются в специальной литературе чаще всего аридным редколесьем. На ровных участках они состоят из фиштактовых деревьев, разбросанных на фоне степных трав. На склонах куэстовых хребтов они сменяются зарослями можжевельника с моховым покровом под кронами деревьев. Но папоротники в них никогда никем не отмечались. Лес на Элляр-оуги представляет исключение. Несомненно, что это необычное для лесов Восточного Закавказья обстоятельство есть следствие крутизны склона и его затененности. Удивительно, что ни в одной из статей об эльдарской роще авторы не уделяют этому внимания, а, напротив, яркими красками описывают суровость знойной полупустыни и считают, что дни эльдарской сосны в этих условиях сочтены.

Лес на Элляр-оуги среди окружающих его жарких степей и обширных глинистых обнажений — настоящих «бедлэнд» — представляется наблюдателю островком совершенно иного мира, как бы оазисом, необычность которого еще больше подчеркивается высотой, на которой он расположен.

Вместе с сосной на этом склоне в изобилии растет можжевельник — не-

¹ Н. И. Бурчак-Абрамович. Эльдарская рекогносцировочная палеонтологическая экспедиция. Тр. ест.-истор. музея им. Г. Зардаби АН Аз.ССР, вып. 8, 1954.

сколько видов, из которых чаще всего попадаетея *Juniperus foetidissima* Willd. Они образуют довольно густую чащу, в то время как отдельные деревья сосны отстоят друг от друга далеко и более или менее многочисленные их скопления находятся на наиболее крутых и скалистых участках, а пологие заняты по преимуществу можжевельниками. По-видимому, сосна и можжевельники находятся в отношениях конкурентной борьбы. За пределами кровли плотного песчаника сосна не встречается: попытки выращивать ее ниже, на террасовидной площадке, делавшиеся в 1912—1917 гг., закончились, по свидетельству А. А. Михеева, неудачей¹. Можжевельники же растут от гребня хребта почти до его подножия; отдельные экземпляры встречаются даже в полосе «бедлэнда» — размытых обнажений глинистых пород. Это наиболее жаркие и бесплодные места, но свойства куэстового рельефа проявляются и тут: на северных склонах холмов создаются условия для произрастания скудной кустарниковой и травянистой растительности.

Можжевельник, таким образом, обладает большей экологической устойчивостью, но в данном случае сосна реализует свою способность, свойственную вообще многим соснам, быть деревом-пионером при заселении скалистых субстратов.

Как вид эльдарская сосна считается реликтом третичного времени, происходящим от приморских сосен — общих предков ее с соснами пицундской и алеппской, но возникает вопрос: реликтом какого времени является сама роща на этом хребте?

То обстоятельство, что сейчас она произрастает в особом микроклиматическом «оазисе», отличающемся от окружающей местности повышенной влажностью, приводит к мысли, что рощи этой сосны могли быть распространены по всей области Иорско-Куринского и Ширакского нагорий лишь при условии более влажного, чем теперь, климата. Тогда они, вероятно, занимали северные склоны и других куэстовых хребтов. Такие условия должны были иметь место во

¹ А. А. Михеев. *Pinus eldarica* Medw. «Известия Общ-ва по обслед. и изуч. Азербайджана». Баку, 1927.



Рис. 2. Сосна на главном склоне.

Фото автора

время четвертичных похолоданий, которые здесь, как и везде в сухих субтропиках, выражались в увлажнении климата («плювиальные» периоды). Во время потеплений и связанных с ними сухих периодов сосны вытеснялись можжевельниковыми зарослями.

Каким же образом приморская сосна могла оказаться в глубине Кавказского перешейка, среди степей и полупустынь? Морской бассейн исчез на территории Восточного Закавказья в конце третичного периода. Можно представить себе, что по каким-то причинам сосны не смогли последовать за отступавшей береговой линией, однако нашли для себя благоприятные условия на осушившемся дне, а именно — на северных склонах многочисленных куэстовых хребтов, которые возникали тут вследствие параллельно протекавшей тектонической деятельности. На куэстовых хребтах они существовали в течение

четвертичного времени, но постепенно вымирили, так как не на всех хребтах благоприятные условия были стабильными. Хребет Элляр-оуги — их последнее убежище и пока, как видно, достаточно надежное, если они сумели здесь пережить сухие межледниковые эпохи, а также послеледниковый, голоценовый, более сухой, чем теперь, «климатический оптимум».

Можно было бы думать, что исчезновение сосны происходило только по причине истребления ее человеком, но в таком случае трудно объяснить ее отсутствие на тех хребтах, где сохранились леса из можжевельника в нетронутом виде, например на территории Вашлованского заповедника, в 25 км к северо-востоку от Элляр-оуги. Все эти хребты несравненно более пологи и северные склоны их хорошо освещаются в течение всего года.

Тем не менее в сохранении сосно-

вой рощи на Элляр-оуги определенную роль сыграла, конечно, ее труднодоступность. Пастухам и дровосекам не было надобности забираться на крутой склон на высоту почти в 400 м, они могли найти топливо гораздо ближе — в пойменном лесу на Иори и в можжевельниковых зарослях. Самый большой ущерб роще был нанесен в 20-х годах сборщиками шишек, которые, как свидетельствует А. А. Михеев, для облегчения работы срубали целые деревья. Парадокс заключается в том, что шишки и семена собирались с целью «спасти сосну от вымирания» путем создания культурных насаждений.

Интересно сравнить эту естественную рощу с культурными насаждениями эльдарской сосны, которых за последние десятилетия стало очень много, например в Тбилиси, в городских парках и в окрестностях города. Первое отличие заключается в том, что на Элляр-оуги отдельные сосны

отстоят друг от друга далеко, а в культуре они рассаживались очень тесно, до полного смыкания крон. Вследствие этого на почве образуется мощный мертвый покров из опавшей хвои, наподобие войлока, на котором не растут травы. На Эллэр-оуги такой мертвый покров отсутствует или слабо развит, чему способствует также крутизна склона, отчего опавшая хвоя рассеивается по нему. Вероятно, именно поэтому в культурных насаждениях не появляется естественного подростка. А на Эллэр-оуги наличие молодых сосенок отмечалось всеми исследователями, и мы тоже видели сеянцы в возрасте трех — пяти лет.

Заметно, что лучше всего сосны

растут на теневых склонах, т. е. в условиях, приближающихся к естественным (рис. 2). На всех прочих местах, в том числе на южных склонах, они хорошо растут лишь на достаточно увлажненной и глубокой почве. На каменистых же южных склонах, без полива и затенения саженцев в первые годы, они растут плохо и случаются усыхать вскоре после посадки. Таким образом, можно прийти к выводу, что первоначальные надежды на засухоустойчивость эльдарской сосны были несколько преувеличены и в том смысле, что хотя она и может расти на сухих местах, но без поддержки человека такие искусственные леса будут деградировать. Это и понятно, потому что, если, как

принято считать, эльдарская сосна происходит от приморских сосен, влажный климат должен быть для нее более подходящим, чем сухой, не говоря о полупустынном. Особые геоморфологические условия хребта Эллэр-оуги дают ей возможность расти и размножаться вдали от мест с морским климатом.

Итак, внимательное знакомство с условиями экологической обстановки на хребте Эллэр-оуги отнюдь не внушает беспокойства за судьбу естественной рощи эльдарской сосны. Возможности ее вырубki и стравливания пастьбой также сведены к минимуму теперь, когда роща охраняется в качестве заповедника.

УДК 582.475.4:581.526, 426.2

Двухчастотное спиновое ЭХО

В. С. Гречихкин

Доктор физико-математических наук

Е. М. Шишкин

Кандидат физико-математических наук

Пермский государственный университет

В 1950 г. американский физик Е. Л. Ган открыл новый эффект ядерного магнитного резонанса¹, который он назвал спиновым эхом. Этот эффект заключается в том, что при наложении постоянного магнитного поля H на образец кристалла спины ядер выстраиваются вдоль этого направления. В некоторый момент времени $t = 0$ на образец накладывается прямоугольный импульс радиочастотного элект-

ромагнитного поля, перпендикулярного H . Этот импульс поворачивает намагниченность образца относительно оси магнитного поля. Длительность импульса подбирается так, чтобы поворот составил 90° . После выключения импульса ядерные спины начинают прецессировать вокруг H . Вследствие неоднородности магнитного поля частоты прецессии в различных частях образца различаются и фазы прецессии расходятся. Следовательно, суммарный сигнал быстро затухает из-за интерференции сигналов от различных частей образца.

Через некоторое время $t = \tau$ включается второй импульс радиочастотного электромагнитного поля. Он поворачивает намагниченность во всем объеме образца на 180° . Важно, что при этом фазы прецессии меняют знак. Следовательно, через время 2τ они возвратятся к первоначальному положению, при котором все ядерные спины имеют одинаковые фазы. В этот момент времени и возникает всплеск излучаемого образцом

электромагнитного поля, называемый спиновым эхом. Можно сказать, что спиновое эхо — это как бы результат «памяти» о начальном состоянии спинов.

Квантовая механика дает другое объяснение. По ней положения ядерных спинов J относительно направления магнитного поля не произвольны, а дискретны. Их направление характеризуется магнитным квантовым числом m , которое может принимать значения от $-J$ до J с интервалом в единицу. Таким образом, в магнитном поле возникают дискретные уровни. Оказывается, электромагнитное поле, перпендикулярное к H , может вызывать переходы только между соседними уровнями.

Нечетные атомные ядра обладают квадрупольными электрическими моментами¹. В магнитном поле квадрупольные моменты также имеют дискретные направления. Они определяют близко расположенные уровни энергии. Оказывается, что в этом случае энергии уровней со значениями m и $-m$ одинаковы. Таким образом, уровни энергии характеризуются значениями m , равными $\pm 1/2, \pm 3/2, \dots, \pm J$. На рис. 1, вверху показана схема уровней для ядра иода-127 ($J = 5/2$), а

¹ Ядерный магнитный резонанс — резонансное поглощение электромагнитной энергии в различных веществах, обусловленное магнетизмом ядер. Наблюдается в сильном постоянном магнитном поле, перпендикулярно которому накладывается значительно более слабое радиочастотное магнитное поле. Постоянное поле вызывает слабую намагниченность ядер параллельно полю. Радиочастотное поле резонансной частоты вызывает прецессию ядерной намагниченности. Она обнаруживается как электромагнитный эффект по появлению в катушке, окружающей исследуемое вещество, электродвижущей силы индукции. Метод позволяет измерять магнитные моменты атомных ядер. (Прим. ред.)

¹ Квадрупольным моментом атомного ядра называется величина, характеризующая отклонение распределения электрического заряда по ядру от сферической симметрии.

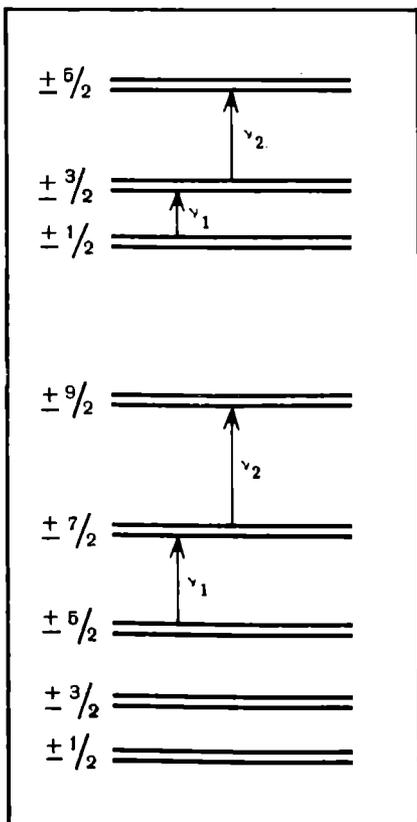


Рис. 1. Схема возбуждения двухчастотного спинового эха двумя радиочастотными импульсами ν_1 и ν_2 : вверху — для иода-127 (спин равен $5/2$); внизу — для висмута-209 (спин равен $9/2$).

на рис. 1, внизу — для ядра висмута-209 ($J = 9/2$). Перпендикулярное к магнитному электромагнитное поле вызывает переходы между соседними уровнями. Эти переходы изображены на рис. 1 стрелками. Такой эффект называется ядерным квадрупольным резонансом¹.

Е. Л. Ган установил, что импульс поля вызывает только один переход. Нами обнаружен новый эффект, когда радиочастотное поле возбуждает два перехода одновременно. Если каждый из этих переходов возбуждать в отдельности, то получим по одному сигналу эха с частотой соответствующего перехода. Однако одновременное возбуждение вызывает появление дополнительных сигналов эха, положения которых на низшей частоте ν_1 равны $(1 + \nu_2/\nu_1)\tau$ и $(2 + \nu_2/\nu_1)\tau$, а на верхней частоте ν_2 они равны $(1 +$

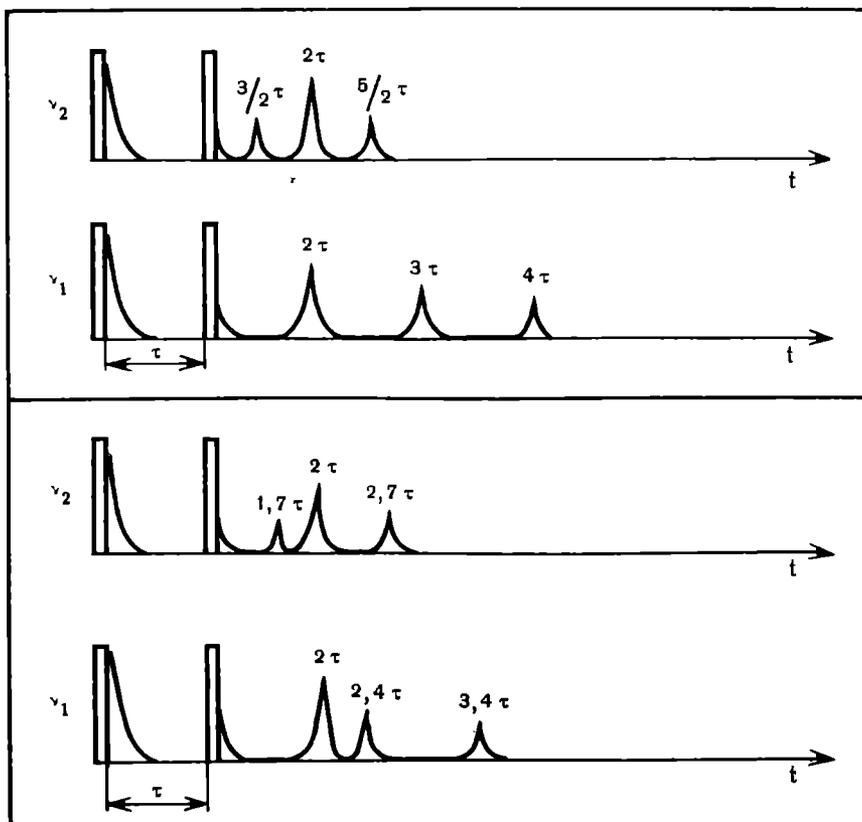


Рис. 2. Схема сигналов обычного и двухчастотного спинового эха. Обычное эхо возникает через время 2τ , двухчастотное — через другие интервалы времени. Два прямоугольных импульса, следующих друг за другом через время τ , показаны слева. Вверху — сигналы для ядер иода-127 в соединении CdI_2 ; внизу — для ядер висмута-209 в соединении $BiCl_3$.

$+\nu_1/\nu_2)\tau$ и $(2 + \nu_1/\nu_2)\tau$. В отличие от обычного спинового эха, двухчастотное эхо чисто квантовой природы и не может быть объяснено в рамках классической теории.

На рис. 2 приведены картины двухчастотного эха на тех же ядрах, что и на рис. 1 в случае квадрупольного резонанса. Два прямоугольных импульса, следующих друг за другом, показаны в левой части рис. 2. После первого импульса сигнал прекращается не сразу из-за эффекта ядерной индукции (хвост после сигнала). Сигналы через время 2τ соответствуют обычному спиновому эху. Остальные сигналы — двухчастотное спиновое эхо, в соответствии с приведенными выше формулами, их по два на каждой частоте. При этом расстояния между обоими сигналами двухчастотного эха равны τ .

Обнаружение эффекта двухчастотного эха должно привлечь внимание

теоретиков. Некоторые особенности этого явления, например то, как затухают отдельные сигналы, еще не ясны. Однако уже сейчас можно отметить ряд практических применений эффекта, представляющих интерес для физики и химии твердого тела: 1) исследование дефектов кристаллической решетки (влияние примесей, ионизирующих излучений, дислокаций); 2) возможность измерения слабых магнитных полей; 3) изучение влияния импульсных электрических полей и неоднородного внешнего давления на кристаллы.

В настоящее время нами изучено двухчастотное спиновое эхо¹ более чем в 10 кристаллах в диапазоне частот от 10 до 400 Мгц.

УДК 538.27
539.121.4

¹ Подробное изложение эффекта см.: ЖЭТФ, т. 61, 1971, стр. 727.

¹ См. «Природа», 1959, № 8, стр. 85.

Белый медведь на острове Ушакова и Северной Земле

В. М. Сдобников

Кандидат биологических наук
Ленинград

Материалом для этой небольшой статьи послужили наблюдения метеорологов полярной станции на о. Ушакова, проводившиеся с 1955 г. по 1962 г. Наиболее обстоятельные наблюдения провел известный полярник П. С. Свирненко, много лет работавший в Арктике и погибший там в 1968 г.

Будучи по специальности метеорологом, П. С. Свирненко тем не менее серьезно интересовался жизнью животных Арктики и вел довольно подробные дневники своих наблюдений. Копию дневника с наблюдениями над животным миром о. Ушакова П. С. Свирненко прислал мне за год до своей трагической гибели. Я решил обобщить его наблюдения, касающиеся белого медведя, учитывая, что сведения об этом интересном, редком и малоизученном виде, занесенном в «Красную Книгу», довольно редко появляются на страницах наших журналов. Ценность этих данных еще и в том, что они охватывают довольно длительный срок непрерывных наблюдений, показывают изменение численности зверя по месяцам, которое до сих пор еще никому не удавалось проследить и относится к совершенно не изученному в этом плане району. Уже не говоря о том, что изучение экологии этого осторожного и опасного зверя в естественных условиях достаточно сложно и все новые наблюдения в этой области исключительно интересны для науки.

Пусть эта небольшая статья послужит скромной данью светлой памяти П. С. Свирненко, незаурядного человека, отдавшего изучению Арктики почти всю жизнь и сумевшего, кроме безукоризненного выполнения своих прямых обязанностей, внести свой вклад в изучение животного мира Арктики.

Небольшой остров Ушакова расположен на 81° с. ш. и около 80° в. д., примерно на половине расстояния между северной оконечностью Северной Земли и Землей Франца-Иосифа. Почти вся его территория покрыта ледником. Несмотря на это животных в прибрежной части острова довольно много. Летом здесь встречаются морские птицы, а в прибрежных водах водятся нерпа, морской заяц, морж, белуха.

За 7 лет работы полярной станции ее посетили 104 белых медведя. Распределение «визитов» по годам и месяцам показано в табл. 1.

Как видно из таблицы, наибольшее число «визитов» приходится на май, июнь, август и сентябрь.

Среди медведей, посещавших станцию, встречались и самки с медвежатами. Так, в 1957 г. из 9 медведей,

побывавших на станции, была одна самка с двумя медвежатами. В 1958 г. самок было три и каждая имела по одному медвежонку, в 1959 г. — пять самок, четыре из которых имели по одному медвежонку, а одна — двух медвежат, в 1960 г. — одна самка с одним медвежонком и в 1961 г. — одна самка с тремя медвежатами.

Большой интерес представляют наблюдения за поведением медведей, которые могут помочь решить спор о степени опасности встречи человека с белым медведем. Так, в большинстве случаев медведи, появившиеся вблизи станции, неизменно убегали, когда на них бросались собаки. Был даже случай, когда собаки преследовали одного медведя в течение целого дня.

Однако так было не всегда. 12 июня

1959 г. наш пес заметил идущего берегом медведя и с лаем побежал к нему. Медведь не испугался, а, наоборот, сам стал преследовать пса и пришел за ним к самому дому. Путно он внимательно обследовал будки на метеоплощадке. 2 октября 1959 г. вокруг дома долго бродил медведь, не обращая внимания на лаявшего пса, потом неспеша направился к морю. 11 ноября того же года к дому пришел молодой медведь-сеголеток и долго гонялся вокруг дома за собакой.

Особенно интересно поведение годовалого медвежонка, появившегося около станции 29 августа 1961 г. Медвежонок подошел со стороны моря почти к самой метеоплощадке и, присев среди ледяных бугров, стал оттуда выглядывать. Его заметили собаки и погнались к морю. На другой день он добрался до свалки и лакомился там выброшенным протухшим мясом. Собаки быстро обнаружили расхитителя своих запасов и снова угнали его к морю. Так продолжалось до 4 сентября, когда медвежонок набрался храбрости и снова пришел на свалку. На людей и собак он уже не обращал никакого внимания, а когда собаки подбегали к нему слишком близко, с остервенением бросался на них. Отделаться мирными средствами от этого непрошеного гостя, вдруг почувствовавшего себя здесь хозяином, было довольно трудно.

Из других посещений медведями станции можно отметить следующие. 12 августа 1958 г. к медвежьей шкуре, брошенной неподалеку от метеоплощадки, подошел медведь и целый день ее обсасывал. Потом он тут же возле нее улегся спать и проспал часов 12. Погостив у нас два дня и видя, что на дальнейшее угощение рассчитывать нечего, медведь ушел. 1 сентября того же года ночью на станцию пришел медведь и начал прыгать на крышу павильона, чтобы достать лежавшее там мясо. Заслышав лай собак, он убежал к морю. 10 сентября того же года наблюдались целое «нашествие» медведей. К самому дому подошла медведица с медвежонком. Вслед за нею появились два медведя-одиночки. По берегу прошла еще одна медведица с двумя медвежатами.

Таблица 1

Появление белых медведей на полярной станции о. Ушакова

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Итого
1955					1	1			3			1	6
1956			1	1		1							3
1957				1		2	1	1					9
1958				1	3	2	1	2	2	2		4	21
1959		1		1		1	2	7	5	4	3		24
1960	2	1	2	1	1				2			1	10
1961					5	3	1	6	7	2		2	26
1962			4	1									5
Итого:	2	2	7	6	17	10	5	16	20	8	3	8	104

Таблица 2

Добытые медведи

Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Итого
У базы о. Домашнего Голомянный и другие о-ва Седова		1	1	6	8	1	3	2	5	4	4	2	37
Прочие районы Северной Земли			3	2	1	4	4	13	9	5			41
Итого			11	3	5	6	2						27
Итого		1	15	11	14	11	9	15	14	9	4	2	105

20 ноября произошла встреча с медведем, отличавшимся необычно буйным нравом. Это был небольшой годовалый медведь, который стал гоняться за собакой. Когда мы включили яркий наружный свет и вышли на крыльцо, медведь со всех ног бросился к нам и вскочил на крыльцо. Мы едва успели захлопнуть дверь перед самым его носом. Зверь с крыльца не уходил, а стоял у самой двери, как бы подслушивая, что делается в доме. Когда прогремел выстрел из ракетницы над самой его головой, он отбежал от двери шагов на пять и остановился. После второй ракеты, упавшей перед самой мордой зверя, он отошел от дома шагов на пятьдесят, лег и долго лежал там, не обращая внимания на отчаянно лаявшего рядом пса. Подошел срок идти на метеоплощадку, и мы отправились туда вдвоем. Как только мы отошли шагов на десять от дома, медведь мгновенно бросился к нам и подбежал почти вплотную.

Пришлось стрелять. Раненый медведь ушел на берег.

За многие годы работы П. С. Свирненко в Арктике ему пришлось видеть несколько сот белых медведей, но с такой агрессивностью он встретился впервые.

И, наконец, последний случай, когда медведю, движимому голодом или любопытством, пришлось поплакаться за это своей жизнью. 5 сентября 1960 г. ночью, когда уже разгрузившийся пароход отошел от причала, а сотрудники станции стояли кучкой на берегу и посылали ему прощальный привет, откуда-то появился медведь и подбежал вплотную к людям. Пришлось его застрелить. Медведь оказался двухгодовалым самцом средней упитанности.

Конечно, белому медведю свойственны большие индивидуальные различия в характере и поведении. Однако случаи агрессивности, описанные выше, объясняются, вероятнее всего, голодом.

В конце августа 1961 г. П. С. Свирненко видел вблизи барьера ледника дрейфующую льдину, на которой лежала нерпа. Там же на льду, метрах в ста от нерпы, из-за торосов выглядывал медведь. Он нырнул, потом снова вылезал на лед, пытаясь незаметно подобраться к нерпе. Наконец, видимо, убедившись в тщетности своих попыток, он пошел к нерпе в открытую. Нерпа, конечно, сразу же заметила врага и ушла в воду. Этот пример хорошо показывает, как трудно добыть нерпу даже белому медведю — хищнику, специализировавшемуся на этой охоте. Белый медведь, как и песец, испытывает временами длительные голодовки. Медведи нередко доставали и поедали даже замороженные в лед привады из мяса, выложенные для привлечения пса.

Представляет интерес сравнить численность белого медведя в районе о. Ушакова и у Северной Земли. Для этого можно воспользоваться материалами экспедиции Г. А. Ушакова и Н. Н. Урванцева на Северную Землю в 1930—1932 гг.¹

Всего участниками Североземельской экспедиции за два года было добыто 105 белых медведей (табл. 2). Охота на них тогда не была еще запрещена.

Из указанного количества медведей самцов было 66, самок холостых — 24, самок семейных — 6 и медвежат — 9. Как и на о. Ушакова, чаще всего белые медведи здесь встречались в теплый период года. Н. Н. Урванцев, однако, утверждает, что больше всего медведей в районе Северной Земли бывает в мае, когда они мигрируют с таймырского побережья к северу. «В это время, — пишет Н. Н. Урванцев, — у мысов на западных берегах — Комсомольца и Пионера буквально проложены медвежьи тропы, причем все следы ведут на север». Ничего похожего на о. Ушакова не было замечено.

Таким образом, 104 белых медведей встречено на о. Ушакова за 7 лет, тогда как такое же число медведей на Северной Земле добыто за два года. Возможно, что до 1958 г. не все встречи медведей, посещавших стан-

¹ Н. Н. Урванцев. На Северной Земле. Л., Гидрометеиздат, 1969.

цию на о. Ушакова, регистрировались, и действительное число их было несколько большим, чем указано в таблице.

Даже при таком допущении среднее число медведей, встреченных за год на о. Ушакова, не превышает 20, тогда как на Северной Земле в среднем только добытых за год медведей — 52. Данные, разумеется, не вполне сравнимы, так как общая численность белого медведя в Арктике, и в частности в Карском море, с 30-х годов сильно уменьшилась. Однако все же создается впечатление значительно большего обилия зверя у Северной Земли, чем у о. Ушакова. Причина такой разницы кроется, возможно, в более богатых кормах белого медведя в районе Северной Земли, особенно в обилии нерпы.

По свидетельству Н. Н. Урванцева, нерпа у Северной Земли держится круглый год, но особенно много ее бывает летом, перед вскрытием льдов, тогда они сотнями лежат на

льду около приливных трещин, полыней и разводьев. На о. Ушакова в аналогичной обстановке можно наблюдать лишь единичные экземпляры.

В заключение следует сказать о той опасности, которую представляет встреча человека с белым медведем в естественной обстановке, поскольку в этом вопросе до сих пор еще нет единого мнения.

Н. Н. Урванцев пишет, что за время работ экспедиции не было ни одного действительного нападения медведя на человека. Имевшие место случаи были вызваны недоразумением: медведь принимал человека или лежащую собаку за нерпу. Как только зверь убеждался в своей ошибке, он останавливался или обращался в бегство. Спутник Н. Н. Урванцева С. П. Журавлев, имевший богатый охотничий опыт на Севере, также подтверждает, что не знает ни одного случая нападения медведя на человека как на объект добычи.

«Всякого рода рассказы «полярни-

ков» о погоне медведя за бегущим человеком,—пишет Н. Н. Урванцев,—следует относить лишь к богатой фантазии рассказчика, а никак не к действительному факту». Дело, однако, в том, что Н. Н. Урванцев и его спутник приводят случаи встреч медведя с **вооруженным** человеком, который, разумеется, не допустит опасного сближения. Опыт приближения медведя к людям на о. Ушакова тоже всегда заканчивался тем, что в ход пускали оружие, так как иначе дело могло обернуться для людей плачевно.

Поэтому оптимизм Н. Н. Урванцева не совсем оправдан, и встреча безоружного человека с белым медведем безусловно опасна, особенно там, где белый медведь еще не сталкивался с человеком. В этих условиях медведя к человеку, кроме голода, может привлечь и любопытство, при полном отсутствии страха.

УДК 599.742.2

Новое о геологии Марса

Член-корреспондент АН СССР П. Н. Крпоткин
Геологический институт АН СССР

Полученные в последние годы снимки поверхности Марса, сделанные с относительно близкого расстояния, изменяют наши представления о геологии этой планеты.

На снимке участка поверхности Марса размером 325 × 400 км, сделанном с высоты почти 2000 км 12 января 1972 г. с «Маринера-9», хорошо видны детали рельефа¹. Наиболее мелкие из них имеют 1 км в поперечнике. Это — небольшие кратеры, узкие ущелья типа оврагов. Снимок охватывает часть местности Титониус Лакус, расположенной в 480 км к югу от экватора на юго-восточной окраине обширной светлой возвышенности (Аркадия — Трактус Альбус).

Ровное плато, вероятно, покрытое уплотненным песком и пылью, про-

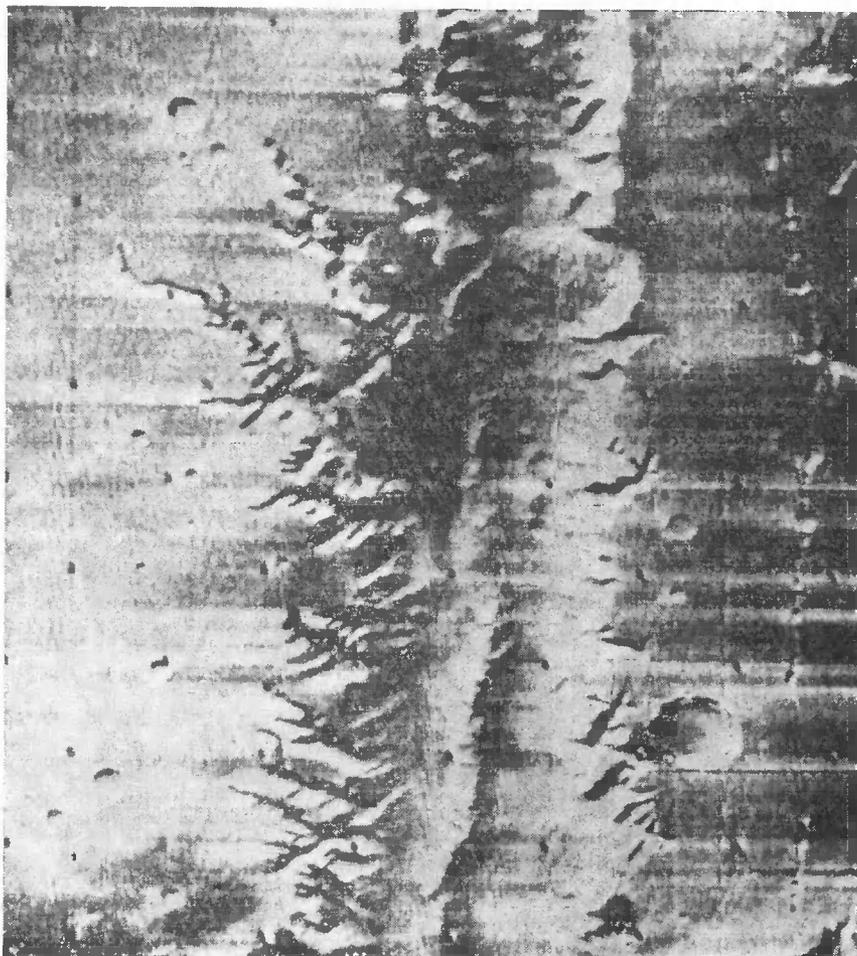
резано, как видно на фотографии, крупным тектоническим рвом. Такие рвы, с плоским или неровным дном и довольно крутыми краями, геологи называют грабенами. Марсианский ров похож на грабены залива Акаба, долины р. Иордан и среднего течения р. Рейн. Так же, как и земные грабены, он имеет в ширину 50—80 км, в длину — более 500 км, т. е. примерно столько же, как грабен Байкала. Посередине грабена прослеживается сравнительно узкий хребет, а на плато к югу (т. е. справа) от грабена видна трещина, параллельная его краям. На трещину как бы нанизана цепочка мелких кратеров. Южная половина крупного кратера (45 км в диаметре), сформировавшегося до образования провала, сохранилась у правого борта грабена на краю плато.

Рассматривая этот снимок, можно

сделать ряд далеко идущих выводов. В земные телескопы такой грабен представлялся прямолинейной темной полосой и мог быть принят за канал. Однако, рассматривая его теперь на небольшом расстоянии, можно не сомневаться, что этот ров ограничен тектоническими сбросовыми трещинами и образовался — как и грабены нашей планеты — вследствие растяжения при горизонтальном раздвижении глыб, на которые было расколото монолитное плато. Трещина справа, параллельная грабену, показывает, что однотипное поле напряжений охватывало всю сфотографированную территорию, т. е. площадь в сотни тысяч квадратных километров. Имеются также сбросы, ориентированные с северо-запада на юго-восток, под углом 40—45° к направлению главных разломов. Эти диагональные трещины могут указывать на небольшой сдвиг — смещение вдоль краев грабена. Таким образом, на Марсе тектоника связана с горизонтальными перемещениями блоков, как и на Земле.

Мелкие кратеры, насаженные на

¹ «Geotimes», v. 17, 1972, № 2.



Снимок участка поверхности Марса, расположенного в 480 км к югу от экватора на юго-восточной окраине возвышенности Аркадия — Трактус Альбус. Север находится слева.

трещину, которая видна справа, несомненно, имеют эндогенное (связанное с глубинными процессами) происхождение. Ударные (метеоритные) воронки были бы разбросаны беспорядочно, а не располагались бы по прямой.

Эти кратеры должны быть результатом взрыва быстро расширявшихся глубинных газов, которые поднимались из недр Марса. Вероятно, кратеры связаны именно с газовым вулканизмом. Он характерен на Земле для грязевых вулканов и для некоторых настоящих вулканов, извергающих главным образом газ, а не лаву. Ничто не указывает на значительное накопление вулканического материала — лавы и туфов вблизи них. Если

бы лава изливалась здесь в больших количествах, то вдоль трещины сформировалась бы возвышенность, подобная тому гребню, который тянется по оси грабена.

Самое загадочное на снимке — это разветвленная сеть оврагов, которая видна на обоих бортах грабена у краев соседних плато, особенно с северной стороны. Каким образом на Марсе, где нет ни морей, ни озер, а атмосфера содержит ничтожное количество паров воды, могли образоваться такие русла, изгибающиеся и ветвящиеся, как наши овраги?

Скорее всего — это результат деятельности глубинных вод, т. е. тех источников, которые приносят из недр планеты влагу, поднимающуюся по

трещинам — глубоким расколам. Такие источники, обычно с теплой водой, бьют из трещин по краям грабенов в Исландии, на берегах Байкала и во многих других местах. Специальное изучение газового и изотопного состава исландских источников, недавно проведенное нашими геохимиками, с несомненностью показало глубинное, а не поверхностное происхождение значительной части таких трещинных вод. Возможно, источники, которые били из трещин по краям марсианского грабена, сначала промывали себе подземные русла, стекая по поверхности плотного фундамента. Толща слежавшегося, цементированного песка, которая покрывает склоны грабена, предохраняла эти потоки от слишком быстрого испарения. В дальнейшем непрочная кровля подземных русел обваливалась; поэтому некоторые овраги, как видно на снимке, местами перегорожены барьерами оползней. Вероятно, происходил повторный размыв, и, таким образом, образовалась сеть углублений, похожих на наши овраги. Другое объяснение, связывающее генезис марсианских оврагов с оседанием по сбросам и деятельностью ветра, представляется менее правдоподобным.

На снимках, сделанных «Маринером-7» в 1969 г., в районе южного полюса был обнаружен горный хребет, строение которого позволяет думать, что на Марсе существуют не только структуры растяжения, но и структуры сжатия коры. На новых снимках¹ видно, что этот хребет состоит из 6—7 параллельных цепей. Расстояние между их гребнями составляет 70—100 км, а весь хребет протягивается на 1000 км с лишком. Эти параллельные кряжи, разделенные глубокими долинами, напоминают рельеф хребтов юго-восточной Азии, Анд и Тянь-Шаня, сформированных благодаря боковому сжатию и образованию огромных складок земной коры.

Дальнейшие исследования, видимо, позволят составить четкое представление о рельефе и глубинных процессах Марса.

УДК 523.4.

¹ Снимки, опубликованные в газете «L'Humanité» 16 ноября 1971 г.

Спутник — юбиляр
 Сухой лед на Марсе
 Лытый в магнитных звездах
 Сверхтекучий молекулярный водород
 Фотоферромагнитный эффект
 Трение через перегородку
 Новый класс сверхпроводящих веществ
 Неизвестный сверхтяжелый элемент
 Пресная вода из морской
 Конгресс биофизиков
 Установка для изучения тепловых процессов
 Химический состав нейрогипофиза
 Онкогенез и поли-А
 Симпозиум по химическому мутагенезу
 Дыхание тканей при гипокинезии
 Новое применение алкалоидов
 Пломбирование деревьев
 Достижения цветоводов
 Новые гнездовья черепах
 Агрессивны ли муравьи?
 Всемирный форум геологов
 Бокситы в Подмоскowie
 О времени зарождения жизни на Земле
 Механизм повторных толчков
 Международная конференция по эргодинамике
 Моделирование первобытной технологии
 Самое древнее жилище на Земле
 Коротко

Спутник-юбиляр

10 июля 1972 г. в Советском Союзе был произведен запуск спутника «Космос-500», а в марте этого года было отмечено десятилетие со дня запуска первого спутника этой серии.

Научные исследования, осуществляемые в рамках программы «Космос», вносят важный вклад в наши знания о Земле и околоземном космическом пространстве, о Солнце и межпланетной среде.

На спутниках «Космос» проводится изучение облачных систем в атмосфере Земли, концентрации заряженных частиц в ионосфере, корпускулярных потоков и частиц малых энергий в околоземном пространстве, радиационного пояса Земли, космических лучей, магнитного поля и магнитосферы нашей планеты. При помощи этих спутников решались важные технические и технологические проблемы. Так, на спутниках «Космос» испытывались методы и аппаратура встречи и стыковки космических объектов, которые затем использовались на кораблях «Союз», проводились исследования воздействия метеорного вещества на оптические поверхности и испытания элементов конструкции космических аппаратов.

На спутниках «Космос» были выполнены и ценные медико-биологические эксперименты. Широкий диапазон исследований Солнца, особенно рентгеновского и ультрафиолетового его излучения, существенно расширил наши представления о происходящих

на Солнце процессах и их влиянии на околоземное космическое пространство.

Результаты полетов спутников «Космос» широко используются в народном хозяйстве. Работы в этом направлении привели к созданию метеоспутников, а затем и космической метеорологической системы «Метеор». Были отработаны системы спутника связи «Молния-1», что в дальнейшем привело к созданию системы «Орбита».

Несомненно, что последующие запуски спутников серии «Космос» обогатят науку новыми данными о космическом пространстве, позволят еще шире использовать достижения космонавтики в интересах народного хозяйства страны.

С. А. Никитин

Москва

Сухой лед на Марсе

Среди наиболее приметных объектов на поверхности Марса можно назвать его полярные шапки. По-видимому, они образованы или двуокисью углерода в твердом состоянии, или обычным льдом водного происхождения. Однако конкретных доказательств, в частности спектрального анализа отраженного полярными шапками света, долгое время получить не удавалось.

Теперь с помощью приборов, установленных на борту «Маринера-7», обнаружены в спектре полярных областей линии, характерные для CO_2 .

Хотя одна из этих линий свойственна также и метану, а другая аммиаку. Х. П. Ларсон и У. Финк (Университет штата Аризона, США) склонны приписывать их двуокиси углерода. С Земли им удалось наблюдать в инфракрасном излучении южной полярной шапки Марса одиннадцатые спектральные линии, свойственные двуокиси углерода, в диапазоне длин волн между 1,1 и 2,5 мк.

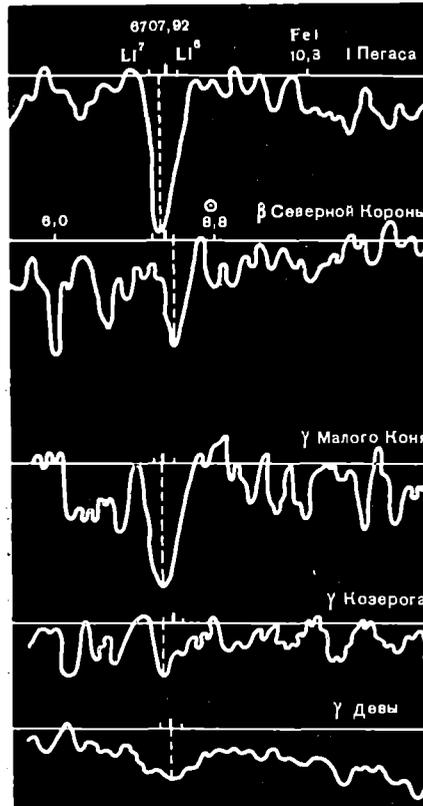
Лабораторными исследованиями смесей водного льда и изморози двуокиси углерода установлено, что даже малая примесь воды в изморози двуокиси углерода может приводить к «затемнению» спектральных линий двуокиси. Поэтому Х. П. Ларсон и У. Финк полагают, что изморозь двуокиси углерода является основной, если не совершенно доминирующей составной частью южнополярной шапки планеты Марс.

«Astrophys. Journal Letters», v. 171, 1972, No 3
part 2, p. 91.
(США).

Литий в магнитных звездах

Присутствие лития в атмосфере звезды может указывать на некоторые ядерные процессы в звездах. Ядра ${}^7\text{Li}$ и в особенности ${}^6\text{Li}$ очень неустойчивы, поэтому обнаружение их атомов в атмосфере звезды свидетельствует также о том, что нарушена, заторможена циркуляция вещества между центральными частями звезды и ее атмосферой. Одной из причин, вызывающих подобное нарушение, может быть магнитное поле звезды.

О присутствии лития в атмосферах звезд можно судить по дублетной линии LiI с длиной волны 6708 Å, которая обычно не разрешается на отдельные компоненты в звездных спектрах. Эта линия принадлежит смеси изотопов ${}^7\text{Li}$ и ${}^6\text{Li}$. Длины волн центров тяжести дублетов этих изотопов равны 6707,80 и 6707,96 Å. От соотношения изотопов в этой смеси зависит положение центра тяжести линии с длиной волны 6708 Å. Следовательно, по положению линии в спектре можно в первом приближении



Участок спектра Li 6707,92 Å для звезд: *i* Пегаса и магнитно-переменных звезд — β Северной Короны, γ Малого Коня, γ Козерога, γ Девы.

судить об изотопном составе лития в данной звезде¹.

В Крымской астрофизической обсерватории на 2,6-метровом рефлекторе им. акад. Г. А. Шайна с помощью спектрографа Куде были получены спектрограммы области с длиной волны 6708 Å с дисперсией 6 Å/мм 5 магнитно-переменных звезд: β Северной Короны, γ Малого Коня, γ Козерога, γ Девы и звезды сравнения *i* Пегаса. Измерения линии 6708 в спектрах указанных звезд показали, что положение линии лития в спектрах магнитно-переменных звезд смещено в красную сторону от положения линии лития в спектрах обычных звезд (см. рис.). Наиболее значительным ($\sim 0,15$ Å) это смещение оказалось в спектре β Северной Короны, напряженность магнитного поля в атмосфере которой колеблется от 6000 до 5000 гс.

¹ «Ap. J.», v. 141, 1965, p. 588.

Смещение линии лития можно объяснить двумя путями. Наблюдаемое смещение линии LiI может быть вызвано влиянием сильного магнитного поля на атомы LiI . Изучая влияние магнитного поля на атомы лития, авторы пришли к выводу, что при больших магнитных полях заметного сдвига центра тяжести линии лития не происходит, Зеeman-эффект и эффект Пашен — Бака приводят лишь к расширению линии, но не к ее смещению.

Можно считать смещение линии LiI изотопическим. Это означает, что изотопический состав лития в магнитных звездах несколько иной, чем в обычных звездах. Для того чтобы принять эту возможность и считать, что условия на поверхности магнитно-переменных звезд таковы, что позволяют наблюдать «свежесинтезированный» литий, мы должны убедиться, что блендирование (если оно есть) другими неизвестными линиями не изменит положения центра тяжести линии лития. Ведутся поиски новых линий в этом спектральном интервале.

Н. С. Полосухина
Крымская астрофизическая обсерватория

Сверхтекучий молекулярный водород

Единственная экспериментально полученная сверхтекучая жидкость — это жидкий гелий. Однако теория утверждает, что всякая жидкость, подчиняющаяся статистике Бозе — Эйнштейна (а таковы — большинство реальных жидкостей), при достаточно низкой температуре должна стать сверхтекучей, если она останется жидкостью. Но практически все жидкости затвердевают значительно раньше, чем охлаждаются до нужной температуры.

В. Л. Гинзбург и А. А. Собынин (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) рассмотрели вопрос, может ли жидкий молекулярный водород находиться в сверхтекучем состоянии. Для H_2 температура сверхтекучести 6° К, а температура замерзания — около 14° К. Таким образом, сверхтекучий водород можно было

бы получить, если бы каким-то способом задержать его затвердевание на 8° . Существуют три пути такой задержки: переохлаждение жидкости, создание отрицательного давления (растяжение) и образование пленок на различных подложках. Задача эта может быть решена лишь экспериментально, так как точных расчетов снижения температуры замерзания нет, но некоторые указания авторы все же делают.

Как известно, воду можно переохлаждать даже на 40° при наиболее благоприятных условиях. У жидкого молекулярного водорода переохлаждение затруднено тем, что он смачивает большинство поверхностей и у стенок может образоваться слой твердого H_2 , который быстро распространится на всю переохлажденную жидкость. Однако, если сделать сосуд из твердого дейтерия (температура замерзания $18,7^\circ K$) или твердого неона (замерзает при $24,6^\circ K$), можно и переохлаждать водород. Приближенные расчеты показывают, что в таких несмачиваемых молекулярным водородом сосудах можно переохлаждать его лишь на $2-3^\circ$.

Отрицательное давление для воды на практике достигало 280 атм. Авторы показывают, что, по-видимому, отрицательное давление для H_2 может быть около 200 атм. В этом случае температура замерзания снизилась бы на 7° .

Таким образом, переход жидкого молекулярного водорода в сверхтекучее состояние не исключается.

Если удастся получить неплотные пленки жидкого водорода на различных подложках, также есть основания рассчитывать на переход молекулярного водорода в сверхтекучее состояние квазидвухмерного типа.

«Письма в ЖЭТФ», т. 15, 1972, вып. 6, стр. 343.

Фотоферромагнитный эффект

Открытие нового воздействия света на вещество существенно расширило наши представления о природе вещей. И то, что свет может изменять ферромагнетизм, само по себе достойно удивления.

Сотрудники Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР В. Г. Веселаго, Е. С. Вигелева, Г. И. Виноградова, В. Т. Калинин и В. Е. Махоткин наблюдали изменение высокочастотной магнитной проницаемости ферромагнитного полупроводника $CdCr_2Se_4$ при освещении — фотоферромагнитный эффект. Мелкие кристаллы стирались в порошок и затем спрессовывались с небольшим количеством органического наполнителя. Кроме образцов с чистым $CdCr_2Se_4$, исследовались образцы, легированные галлием в количестве до 1 ат. %.

При освещении образца наблюдается уменьшение величины магнитной проницаемости μ . Для материала с 1% галлия $\Delta\mu/\mu = 10^{-4}$, а для чистого материала — примерно на порядок меньше. Наблюдавшийся авторами эффект быстро затухал.

Наиболее вероятной причиной фотоферромагнитного эффекта в $CdCr_2Se_4$ может быть образование иона Cr^{2+} из иона Cr^{3+} за счет ионизации атомов галлия. При этом ионы Cr^{2+} образуют подрешетку с магнитным моментом, направленным противоположно магнитному моменту решетки из ионов Cr^{3+} , что и приводит к уменьшению суммарного момента.

«Письма в ЖЭТФ», т. 15, 1972, вып. 6, стр. 316.

Трение через перегородку

Если два слоя жидкости разделены неподвижной твердой перегородкой, то, согласно уравнениям обычной гидродинамики, течение жидкости в одном из слоев ни в коей мере не увлекает другой слой. Сотрудники Института физических проблем АН СССР А. Ф. Андреев и А. Э. Меерович рассмотрели возможность передачи импульса от одного слоя второму фононами (звуковыми флуктуациями), проникающими сквозь твердую перегородку. Вычисление скорости увлечения неподвижного слоя может быть проведено на основании полученных ранее одним из авторов уравнений движения.

Основной вклад в передачу импульса вносят фононы, длина свобод-

ного пробега которых равна длине слоя движущейся жидкости. Если толщина перегородки не намного больше, то, поскольку поглощение звука в твердом теле значительно меньше, чем в жидкости, поглощением фононов в перегородке можно пренебречь. Основную роль играет отражение от границы жидкость — твердое тело. Поэтому коэффициент прохождения фононов через твердую стенку мал и мало увлечение неподвижной жидкости.

Для двух струй воды, разделенных стенкой из полистирола или плексиглаза, скорость увлекаемой струи меньше скорости увлекающей струи при $20^\circ C$ в $10^{-8}/\sqrt{a}$ раз, где a — толщина слоя увлекающей жидкости в сантиметрах. Примерно такой же результат получается для двух струй ртути, разделенных стенкой из серебра.

«Письма в ЖЭТФ», т. 15, 1972, вып. 1, стр. 56.

Новый класс сверхпроводящих веществ

В начале 1972 г. коллектив американских физиков, возглавляемый Б. Т. Маттиасом, М. Марезио, Э. Коренцитом, А. С. Купером и Х. Э. Барцем, обнаружил свойство электрической сверхпроводимости у литиево-титановых сульфидов при относительно высокой температуре — $10^\circ K$ и выше. Авторы считают, что это свойство указывает на возможность существования целого класса трехэлементных веществ с трехмерной кристаллической структурой, которые обладают сверхпроводимостью при аналогичных температурах.

Продолжение эксперимента подтвердило правильность этого предположения. Оказалось, что сверхпроводимость свойственна соединениям молибдена и серы с медью, цинком, серебром, кадмием, оловом и свинцом. Предельные температуры для возникновения этого явления таковы: у соединений кадмия они составляют $2,5^\circ K$, а у соединений свинца — $13^\circ K$.

«Science», v. 175, 1972, № 4029, p. 1465 (США).

Неизвестный сверхтяжелый элемент?

В простейших по составу метеоритах — углеводородистых и несбалансированных хондритах, богатых летучими элементами, по-видимому, присутствует изотоп ксенона, очевидно, образующийся не при распаде обычного его источника — плутона-244.

В 1969 г. было высказано предположение, что такой ксенон может образоваться благодаря распаду еще не известного летучего сверхтяжелого элемента, который к моменту падения метеорита уже полностью исчезает. Собрано уже немало сведений об этом неуловимом гипотетическом элементе. Суммировав эти данные, Э. Андерс (Чикагский университет) и Дж. У. Лаример (Университет штата Аризона) пришли к выводу, что теплота парообразования гипотетического элемента может составлять 54 ± 3 ккал/моль, а нормальная температура кипения — $2500 \pm 400^\circ \text{K}$.

(Наиболее подходящими «кандидатами» для «замещения» места этого элемента могут быть элементы с номерами 111 и 115 в таблице Менделеева; за ними по степени вероятности следуют элементы 113, 114, 112 и 116. Элементы 105 и 110 слишком стабильны и, очевидно, их следует из такого списка исключить.

«Science News», v. 101, 1972, № 11, p. 170, (США).

Пресная вода из морской

Недавно в Англии разработан новый метод опреснения морской воды, получивший название «процесс раздельного охлаждения (бутаном)».

Рассол путем смешивания с жидким бутаном замораживают до получения мелких кристаллов. Затем кристаллы промывают (чтобы освободить их от бутана) и расплавляют, получая пресную воду.

С экономической точки зрения, такой метод получения пресной воды из морской оправдывает себя в районах с умеренным климатом. Как известно, обычные опреснительные установ-

ки работают при нагреве воды в них до 80°C . В данном случае достаточно перепад температур всего в 20°C , что обеспечивает эффективность метода.

Низкая температура морской воды у берегов Великобритании создает благоприятные условия для широкого внедрения нового метода опреснения в Англии и Северной Ирландии. Он пригоден также в других странах Европы с умеренным климатом.

Английские специалисты надеются, что разработанный метод опреснения морской воды будет экономически выгоден.

«Nautical Magazine», v. 205, 1971, № 4, p. 220 (Англия).

Конгресс биофизиков

С 7 по 14 августа 1972 г. в Москве проходил IV Международный биофизический конгресс, организованный Международным союзом теоретической и прикладной биофизики (ИЮПАБ) и Академией наук СССР. В работе конгресса приняли участие более 1500 биофизиков из 42 стран мира и свыше 1250 советских биофизиков.

Генеральный симпозиум конгресса был посвящен организации нейронов. Познание механизмов передачи нервного импульса и восприятия раздражения, процесса возбуждения — важная задача биофизиков. Заметное место на конгрессе заняла проблема структуры и функции мембран. В сущности, на любой из секций доклады ученых с той или иной стороны освещали еще не познанный до конца механизм функционирования этих структур. Интерес вызвали работы Макконнела и Б. Чанса (США) по исследованию мембран, выполненные, главным образом, с применением парамагнитных зондов и меток. В ряде докладов подчеркивалась роль конформационных состояний белков и липидов для нормального функционирования мембран. Сообщения известных ученых А. А. Ленинджера (США), Л. Пэкера (США) и Е. К. Слейтера (Нидерланды) были посвящены актуальнейшему вопросу биофизики — преобразованию энергии биологического окисления, имеющему место в митохондриях.

Главный предмет молекулярной биофизики — изучение свойств белков и нуклеиновых кислот. Специальный симпозиум был посвящен применению теории межмолекулярного взаимодействия для изучения конформации белков, где с докладами выступили Б. Пюльман (Франция), Х. А. Шерага и О. Жардецкий (США), М. В. Волькенштейн и О. В. Птицын (СССР). Были представлены результаты по определению трехмерной структуры биологически важных белков с разрешением до $1,8 \text{ \AA}$. Обсуждались также конформационные переходы в нуклеиновых кислотах, их термодинамические свойства, механизмы синтеза белка и возможность самосборки рибосом. Пристальное внимание биофизиков было обращено к изучению структуры и функции парамагнитных центров и свободных радикалов в биологических системах. В докладах Е. Вивера и Д. Арнона (США), Л. А. Блюменфельда (СССР) рассматривались интимные механизмы фотосинтетических процессов, сформулированные на основании экспериментов с применением метода ЭПР. Л. П. Каюшин (СССР) сообщил об исследованиях свободно радикальных состояний в связи с их ролью в регуляции биоэнергетических процессов. На конгрессе под председательством Г. М. Франка обсуждались структурные основы подвижности. Ф. Оосава (Япония) привел новые данные об изменении структуры Ф-актина в процессе взаимодействия с различными мышечными белками и АТФ, что имеет непосредственное отношение к механизму мышечного сокращения. Лауреат Нобелевской премии Дж. Хэнсон (Англия) доложил интересные результаты о структуре актин- и миозинсодержащих протофибрилл. В. И. Дещеревский (СССР) выступил со своей теорией мышечного сокращения. Большую аудиторию собрал симпозиум «Радиационная биофизика», где были рассмотрены биофизические аспекты действия радиации на процессы регуляции клеточного деления и возможности защиты от облучения с помощью различных агентов.

На конгрессе нашла яркое отражение характерная черта современной

биофизики — широкое применение математического аппарата для познания тайн жизни. Помимо упрочения теоретического фундамента в биофизике наблюдается поворот к решению ряда практических задач медицины, сельского хозяйства, промышленности, техники. Так, из докладов академика Н. М. Эмануэля и Ю. П. Козлова (СССР), Г. Шварца (США) очевидно, что в последние годы биофизики добились заметных успехов в расшифровке механизмов злокачественного роста клеток. Уже сегодня биофизиками намечаются перспективные пути как ранней диагностики многих болезней, так и их лечения.

В. С. Данилов
Кандидат биологических наук

Москва

Установка для изучения тепловых процессов

Исследование тепловых процессов, протекающих в биологических системах, представляет большой интерес и позволяет получать важную информацию о различных явлениях в живом организме. Сотрудники Института химической физики АН СССР М. А. Розенфельд и Л. А. Пирузян предложили новую микрокалориметрическую установку, состоящую из калориметрического и контрольного блоков и регистрирующей аппаратуры.

Принцип работы установки заключается в том, что в калориметрический блок помещают кювету, заполненную испытуемым образцом, и через нагревательное устройство кюветы пропускают ток, который прогревает ее содержимое. Вырабатываемое за счет каких-либо превращений тепло изменяет температуру исследуемой системы по сравнению с температурой в контрольной кювете. После окончания эксперимента через кювету пропускают калибровочный ток и на основании сравнения рабочей и калибровочной кривых судят о количестве выделяемой или поглощаемой энергии изучаемого процесса.

Высокая чувствительность (10^{-7} кал/сек) и точность термостатирования

($5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$) установки гарантирует надежность ее работы и возможность использования ее для регистрации даже незначительных тепловых изменений при различных превращениях в биологических системах.

«Известия АН СССР, сер. биол.», 1972, № 2, стр. 272.

Химический состав нейрогипофиза

До последнего времени считалось, что задняя доля гипофиза (нейрогипофиз) служит только резервуаром гипоталамических гормонов. Однако исследования ряда авторов показывают, что в нейрогипофизе может происходить также и первичный синтез ряда соединений. А. А. Галоян и М. Ш. Мурадян (Институт биохимии АН Арм. ССР) изучали химический состав нейрогипофиза крупного рогатого скота для дальнейшего выяснения функционального значения входящих в нейрогипофиз соединений.

Установлено, что в состав низкомолекулярных веществ нейрогипофиза входят фосфосерин, глицерофосфатэтаноламин, фосфоэтаноламин, таурин, оксипролин, различные аминокислоты, а также несколько неидентифицированных соединения, дающих

Таблица

Количество соединений, дающих положительную окраску с нингидрином, в нейрогипофизе крупного рогатого скота

Вещество	мкмоль/г сырого веса	Вещество	мкмоль/г сырого веса
фосфосерин	0,78	глицин	1,05
глицерофосфоэтаноламин	4,3	аланин	1,23
фосфоэтаноламин	1,0	валин	0,56
таурин	0,86	метионин	1,9
оксипролин	2,6	изолейцин	0,16
аспарагиновая кислота	0,6	цин	1,1
треонин	0,2	лейцин	0,11
серин	0,65	глутаминовая кислота	0,27
глутаминовая кислота	2,25	тирозин	0,23
пролин	0,27	фенилаланин	0,008
аргинин	0,1	лизин	

положительную реакцию с нингидрином, которые исчезают после кислотного гидролиза лиофилизированного порошка нейрогипофиза.

Наблюдаемое при этом увеличение количества ряда аминокислот доказывает, что в нейрогипофизе, наряду с кислыми, основными и нейтральными аминокислотами, присутствуют вещества полипептидной природы.

«Биохимия», т. 37, 1972, вып. 1, стр. 35.

Онкогенез и поли-А

Длинные участки нуклеиновых кислот, состоящие практически только из адениновых нуклеотидов (поли-А), играют, по-видимому, какую-то важную роль в функционировании генетического материала. Впервые такие участки были обнаружены на концах информационных РНК животных.

Недавно методом гибридизации с поли-У было показано¹, что участки поли-А имеются и в самой ДНК, а не прикрепляются к ней после синтеза РНК, как предполагали ранее. Одновременно появилось важное сообщение Д. Джиллеспи, С. Маршалла и Р. Галло о существовании участков поли-А в РНК онкогенных вирусов. Вирусы, не способные вызывать рака, таких участков не содержат. Найдены участки состоят из 150—300 адениновых нуклеотидов. Какова их роль? Очевидно, они не принадлежат к структурным генам и расположены между генами. Вероятно, по этим участкам происходит разрыв гигантской информационной РНК-предшественника на РНК меньшего размера. Д. Джиллеспи с соавторами считают, что РНК-содержащие онкогенные вирусы, возможно, образовались из «одичавших» иРНК-предшественников, которые почему-то не разъединились и сохранили участки поли-А. Не исключено, что участки поли-А играют какую-то роль в регуляции считывания генетической информации. В этом случае их присутствие в РНК онкогенных вирусов может оказаться весьма важным для понимания механизма нарушения нормальной клеточной регуляции при злокачественном перерождении.

«Nature New Biology», v. 236, 1972, № 69, p. 227 (Англия).

¹ «FEBS Letters», v. 2, 1972, p. 157.

Симпозиум по химическому мутагенезу

10—12 мая 1972 г. в ЧССР проходил второй Международный ежегодный симпозиум по химическому мутагенезу Европейского общества по мутагенезу. В работе симпозиума участвовали генетики, гигиенисты, токсикологи, фармакологи и др.

Основной темой симпозиума была проблема влияния химических мутагенов на биосферу и в частности влияния веществ, которые могут оказывать вредными для человека. Была подчеркнута необходимость оценки воздействия широко используемых химических веществ, способных оказывать вредное влияние на будущие поколения.

На симпозиуме обсуждалась методика определения химических мутагенов в окружающей среде. Были рассмотрены новые результаты исследований различных химических веществ с точки зрения возможности их мутагенного воздействия на человека, а также результаты экспериментальных работ. Обсуждались теоретические и практические возможности предупреждения широкого распространения и использования новых веществ-мутагенов.

«Bulletin Československé Akademie Věd», 1972, № 5, s. 16 (Чехословакия).

Дыхание тканей при гипокинезии

Гипокинезия (ограничение двигательной активности) оказывает отрицательное влияние на функциональное состояние организма и поэтому привлекает внимание различных отраслей медицины.

Л. А. Иванов обнаружил, что у людей после 6 дней строгого постельного режима ухудшилось насыщение артериальной крови и уменьшалось потребление кислорода организмом. На тканевом уровне функциональные пробы показали уменьшение интенсивности дыхания подкожной клет-

чатки. В других исследованиях также установлено, что после гипокинезии снижается основной обмен, уменьшается потребление кислорода и выделение углекислого газа и уменьшается образование энергетически активных молекул АТФ.

Автор считает, что в основе механизмов снижения тканевого дыхания при ограничении физической активности важную роль играет уменьшение стимуляции нервных центров со стороны мышечных проприорецепторов. В свою очередь это вызывает нарушение нейро-гуморальной регуляции обменных процессов, наблюдается ослабление функций щитовидной железы и дегидратация тканей.

«Космическая биология и медицина», 1972, № 1, стр. 82—86.

Новое применение алкалоидов

При фиксации кишечнорастворимых животных (актиний, коралловых полипов, гидроидов и др.) в спирте или формалине для предотвращения рефлекторного сокращения мускулатуры животного при соприкосновении с фиксирующей жидкостью обычно добавляют в морскую воду раствор сернокислой магнезии или хлороформ. Однако эти соединения не всегда обеспечивают надежный эффект.

Сотрудник Института биологии моря ДВЦ АН СССР (Владивосток) Б. В. Преображенский использовал для этих целей алкалоиды нервно-паралитического действия, содержащиеся в растениях — чемерице Лобеля (*Veratrum Lobelianum*), аконите джунгарском (*Aconitum soongoricum*) и болиголове пятнистом (*Conium maculatum*).

На примере литоральной актинии (*Anthopleura orientalis* Averincev) из Тауйской губы Охотского моря (близ Магадана) автор показал, что при введении в полость тела полипа отвара из этих растений или при добавлении отвара непосредственно в морскую воду, где находится животное, уже через 15—20 сек. наступает анестезия. Глубина наркоза оказывается вполне достаточной, чтобы провести фиксацию расправленного тела полипа в фиксирующей жидкости.

«Зоологический журнал», 1972, вып. 3, стр. 435.

Пломбирование деревьев

Оригинальный метод пломбирования больных деревьев создан Институтом формирования зеленых участков и охраны природы (Варшава). После тщательной очистки дупла больного дерева обрабатывают 5%-ным раствором медного купороса или 10%-ным раствором карболовой кислоты, затем смазывают специальным полиуретановым лаком и наполняют отверстие полиуретановой пеной. Пена, расширяясь, заполняет собой все пустое пространство и отвердевает, после чего поверхность пломбы обрабатывают таким образом, чтобы она находилась на уровне древесины, ниже коры. Благодаря этому кора, разрастаясь, со временем закрывает пломбу. По окончании лечения больного дерева поверхность пломбы покрывают полиуретановым лаком, окрашенным под цвет коры.

Все используемые материалы физиологически нейтральны и вступают в химические соединения с содержащейся в древесине целлюлозой.

«Польша», 1972, № 3, стр. 36.

Достижения цветоводов

На заседании биологической подкомиссии Секции химико-технологических и биологических наук Президиума АН СССР (13 июня 1972 г.) был заслушан доклад директора Главного ботанического сада АН СССР акад. Н. В. Цицина, посвященный пятилетнему эксперименту по выгонке цветочных луковичных культур, проводимой Главным ботаническим садом АН СССР совместно с Ассоциацией цветоводов и лабораторией по луковичным культурам в г. Лиссе (Голландия). Цель совместных исследований — разработка важнейших элементов наиболее рациональной технологии выгонки цветочных луковичных культур (тюльпаны, гиацинты, нарциссы, крокусы и др.), обеспечивающей получение цветущих растений в период с 1 января до 1 мая. Руководил экспериментом координационный комитет под председательством Н. В.

Цицина, в который с советской стороны вошли сотрудники Академии наук СССР, Министерства сельского хозяйства СССР и Министерства внешней торговли. Углубленное изучение онтогенеза и физиологии развития луковичных растений, а также факторов внешней среды, определяющих темпы развития растения на определенных этапах морфогенеза, позволило выявить сорта, пригодные для цветения в заранее планируемые сроки. Новая технология имеет большое преимущество по сравнению с прежней, так как она резко повышает выход и качество срезанных цветов и позволяет получать цветущие растения в течение всей зимы и весны. Успешно прошли испытания в условиях среднерусской зимы экспериментальной оранжереи фирмы «Воскамп и Фрейланд». МСХ СССР закупило в Голландии завод для выпуска конструкций оранжерей этого типа и уже начало выпуск новых оранжерей, оснащенных советской автоматикой.

В. С. Прасолов

Москва

Новые гнездовья черепах

Недавно английский исследователь Д. Хьюдженс обнаружил, что небольшой остров Европа (площадь его около 25 км²) в Мозамбикском проливе — один из самых важных гнездовий зеленых морских черепах *Chelonia mydas*. Здесь ежегодно откладывают яйца более 9 тыс. самок зеленых черепах. Кроме зеленых черепах, здесь встречаются также логгерхеды (*Caretta caretta*), биссы (*Eretmochelys imbricata*), оливковые ридлеи (*Lepidochelys olivacea*) и кожистые черепахи (*Dermochelys coriacea*).

Однако наиболее важное в мире гнездовье кожистых черепах находится на побережье Французской Гвианы, между устьями рек Марони и Органабо. Среди многочисленных африканских сухопутных черепах здесь выделяется группа *Testudo geometrica* — геометрические черепахи. Это самый редкий вид черепах, которые долгое время считались вымершими. Совсем недавно установлено, что геометри-

ческие черепахи, названные так за исключительно правильный узор на панцире, в ограниченном количестве обитают на небольшой территории к северу и востоку от Кейптауна.

«Afr. Wild. Life», v. 25, 1971, № 3, pp. 95, 108 (Кения).

Агрессивны ли муравьи?

Наблюдая за поведением муравьев разных видов и колоний, П. Жэссон¹ (лаборатория этологии Парижского университета) поставил ряд интересных опытов. Часть колонии «рабовладельческого» вида муравьев *Formica sanguinea*, собранной в лесу, поместили в искусственное гнездо, где уже находилось 25 новорожденных «рабочих» муравьев *Formica fusca*. После обычного ритуала ощупывания и облизывания все «рабочие» муравьи были приняты в колонию. Однако, когда 25 «рабочих» муравьев в возрасте 6 недель подселили в гнездо после их рождения, они подверглись нападению как со стороны *F. sanguinea*, так и со стороны *F. fusca*.

Также были атакованы и уничтожены молодые муравьи *Myrmica laevinodis* после помещения их в колонию *Formica polyctena*, однако последние были радушно приняты во «внутренний мир» гнезда как хозяевами, так и «рабами» колонии *Formica sanguinea*.

Автор считает, что муравьи разных видов, живущие в одной колонии, теряют агрессивность в двух случаях: во-первых, по отношению к «рабочим» гнезда, где они родились, во-вторых, по отношению к чужим муравьям, появляющимся в гнезде. По мнению П. Жэссона, «рабовладельческие» виды обладают какими-то физиологическими механизмами, способными подавлять агрессивность в этих случаях.

Возможно, что подобные механизмы лежат в основе сложных взаимоотношений между муравьями и другими насекомыми. Так, немецкий ис-

следователь В. Колбе¹ установил, что жуки *Zyras humeralis*, на которых обычно нападают муравьи *Formica polyctena* в зоне их активности, мирно сосуществуют с муравьями в условиях лабораторных опытов при групповом содержании в пластиковых садках.

Л. И. Стекольников
Доктор биологических наук

Москва

Всемирный форум геологов

С 20 по 30 августа 1972 г. в Монреале (Канада) проходила 24-я сессия Международного геологического конгресса. В работе сессии участвовало более 5 тыс. представителей 74 стран. Основные проблемы геологии обсуждались на заседаниях 17 секций и 18 симпозиумах. Всего было заслушано и обсуждено более 1200 докладов, охватывающих различные стороны многих геологических процессов и явлений, знакомящих с методами поисков и прогнозирования полезных ископаемых, с применением современных математических, химических, физических методов для решения геологических задач, селенологии и изучения геологии других планет.

Советская делегация была одной из самых многочисленных; в ее состав вошли академики В. И. Смирнов (руководитель делегации), Д. С. Коржинский, В. В. Меннер, А. В. Пейве, Б. С. Соколов, Н. А. Шило, члены-корреспонденты АН СССР П. Л. Безруков, В. В. Белоусов, Л. И. Красный, П. Н. Кропоткин, В. А. Магницкий, Е. А. Радкевич, В. Е. Хаин и др. Делегация СССР принимала самое активное участие в работе почти всех симпозиумов и секций конгресса.

В пленарное заседание сессии были включены три основных доклада симпозиума «Науки о Земле и условия жизни», где была поставлена проблема взаимоотношения человечества с окружающей средой.

¹ «Compt. Rend. Acad. Sci.», v. D 273, 1971, № 23, p. 2320.

¹ «Entomol. Bl.», v. 67, 1971, № 3, pp. 129—136.

Большой интерес у участников вызвала работа секций и симпозиумов по вопросам: планетологии (включая новейшие данные по Луне, Венере, Марсу, Меркурию), системам современного геологического образования в различных странах, помощи развивающимся странам в области наук о Земле и др. Однако наибольшее число докладов было посвящено традиционным геологическим проблемам, касающимся как механизма формирования земной коры в целом, так и условий формирования полезных ископаемых. Разносторонность подхода к решению этих проблем характеризует работу данной сессии. Здесь обсуждались такие важные проблемы современной геологии, как геология докембрия, геология и геофизика дна океанов, проблемы петрологии, тектоники, стратиграфии, геохимии, гидрогеологии и др. Оценивая в целом современные тенденции в развитии знаний в рассматриваемых областях, можно отметить, что геология идет по пути признания большей мобильности земной коры, чем это представлялось ранее.

Участникам конгресса была представлена широкая возможность ознакомиться с геологическими материалами на территории Канады во время геологических экскурсий. Была организована выставка многочисленных геологических карт и изданий, а также разнообразного геологического оборудования.

Решено, что очередная, 25-я сессия конгресса состоится в 1976 г. в Австралии. От имени советской делегации В. И. Смирнов выразил глубокую благодарность Оргкомитету за хорошую организацию 24-й сессии, подчеркнув, что она сыграет важную роль в истории мировой геологии.

С. Л. Шварцев

Кандидат геолого-минералогических наук
Томск

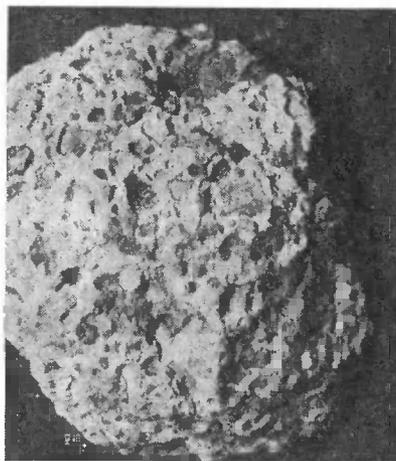
Бокситы в Подмосковье

В Мячковском известковом карьере (близ г. Лыткарино Московской области) на глубине 4 м в 1962 г. была вскрыта красно-бурая глинистая

порода с твердыми включениями, похожими на бокситы. В 1966 г. здесь обнаружены выходы этой породы протяжением 15—16 м.

Расчистка этих выходов в мае 1972 г. позволила установить, что в карьере залегают бокситы. Глыбы боксита, включенные в верхнюю часть отложений — розовые, белые и бурые, были наполнены темно-бурыми бобовинами различной формы, иногда включавших бурую тонкую глину. Химический анализ взятого образца показал, что в нем содержится 32,7% окиси алюминия, 14,2% окиси железа, 37,8% окиси кремния и 14,3% воды и других примесей. По структуре, цвету и составу глыбы можно отнести к гиббситовым бобовым бокситовым породам.

До последнего времени в средней полосе России бокситов не находили. Вероятно, бокситы Мячковского карьера представляют собой останец пород, отложившихся в глубоком узком каньоне среди известняков сред-



Глыба боксита из Мячковского карьера.

него карбона в то время, когда в Подмосковье был тропический континентальный климат. Может быть, это следы тропического климата континента, существовавшего здесь перед наступлением юрского моря? Отложения эти, столь интересные и неожиданные для геологов, еще ждут подробных исследований.

А. М. Викторov
Москва

О времени зарождения жизни на Земле

В последнее время накапливаются все новые сведения о том, что жизнь на Земле зародилась в глубоком докембрии около 3 млрд лет назад. Американские ученые Д. З. Оэлер, Дж. У. Шопф и К. А. Квенволден, изучая изотопный состав углерода из докембрийских южно-африканских формаций Фиг Три и Онвервахт (их возраст равен 2,8 и 3,3 млрд лет), установили, что этот углерод неотличим от углерода органических веществ более юных геологических эпох, образующихся в процессе фотосинтеза. В то же время углерод из нижнеонвервахтских пород, еще более древнего возраста, имеет иной изотопный состав, характерный большим содержанием изотопа ^{13}C , что, по-видимому, приближает его к углероду первичного органического вещества, присутствующего в углеродистых хондритах.

«Science», v. 175, 1972, № 4027, pp. 1246—1248 (США).

Механизм повторных толчков

Землетрясения с неглубоким очагом обычно сопровождаются серией повторных толчков (афтершоков). Их частота снижается с нескольких тысяч в первые сутки после землетрясения примерно до десяти к сотым суткам. Это явление трудно объяснить, если считать причиной землетрясений тектоническую нагрузку.

А. Нур (Станфордский университет, штат Калифорния) и Дж. Р. Букер (Университет штата Вашингтон) выдвинули гипотезу, объясняющую механизм возникновения повторных толчков. Землетрясение сопровождается деформацией породы, и, если в ее порах содержится вода, то при этом давление в ней изменяется. Наблюдения на нефтеносных месторождениях Ренджли в штате Колорадо показали, что изменения давления в пористых породах могут приводить к землетрясениям.

А. Нур и Дж. Р. Букер предлагают модель, объясняющую повторные

толчки процессами смены давления в пористых породах, вызванных основным толчком землетрясения. Согласно их расчетам, перераспределение давления в порах постепенно уменьшает прочность пород и может привести, в конце концов, к разлому.

«Science», v. 175, 1972, № 4024, p. 885 (США).

Международная конференция по эргономике

28 июля — 1 августа 1972 г. в Москве состоялась I Международная конференция стран — членов СЭВ и СФРЮ по вопросам эргономики. В работе конференции приняло участие 650 специалистов в области эргономики, а также смежных научных дисциплин.

Эргономика (или эргономия)¹ — новая комплексная научная дисциплина, синтезирующая достижения целого ряда отраслей знания (физиологии, психологии, гигиены, социологии, антропометрии, эстетики и т. д.); эта дисциплина призвана изучать функциональные возможности и особенности человека в трудовых процессах, способствовать оптимальному соединению трудовой деятельности человека и техники, организации и созданию таких условий, которые делают труд человека наиболее производительным и, вместе с тем, обеспечивают безопасность и удобство работающему, сохраняют его здоровье и доставляют истинное духовное и физическое удовлетворение.

В выступлениях участников конференции неоднократно подчеркивалось, что создание производственной среды, оптимальной для здоровья работников и эффективности их труда, представляет собой важный резерв повышения общественной производительности труда и эффективности производства. Это в полной мере относится и к процессу научно-го творчества.

На конференции был выработан

ряд конкретных рекомендаций по скорейшему внедрению эргономических требований в различные сферы народного хозяйства. В постановлении конференции подчеркивается необходимость сосредоточить совместные усилия специалистов и ученых стран — членов СЭВ и СФРЮ на дальнейшем развитии методологических и общетеоретических проблем эргономики, на разработке единого комплекса и унификации методических приемов исследований в области эргономики, а также принципов и критериев классификации труда по тяжести, напряженности и условиям производственной среды, стандартизации эргономических норм и требований применительно к проектированию техники.

Профессор Н. А. Агаджанян
Москва

Моделирование первобытной технологии

Летом 1971 г. научные сотрудники Кавказского опытного археологического отряда Института археологии АН СССР (научный руководитель С. А. Семенов, начальник отряда Г. Ф. Коробкова, Ленинград) провели эксперименты по моделированию некоторых технологических процессов, важных для понимания материальной культуры палеолита. Эксперименты проводились в районе с. Воронцовка Адлерского района Краснодарского края. Ряд компонентов природной среды (в частности — флора) терпел здесь лишь незначительные изменения, что позволяет реконструировать природные условия 70—40-тысячелетней давности, когда в этих местах обитали охотники каменного века.

Используя метод, разработанный С. А. Семеновым, участники экспедиции изготавливали орудия из тех же материалов (камень, кость) и тем же способом, каким их делали люди эпохи палеолита. Изготовленными орудиями археологи рубили*, пилили деревья разных видов (с резко различными механическими свойствами).

снимали кору со стволов, срезали ветки; из разных пород дерева изготавливали рогатины и обжигали их на костре; каменными и костяными орудиями обрабатывали шкуры и выделывали кожи животных¹.

Чтобы проверить, правильно ли использовали археологи изготовленные ими орудия, рабочая поверхность каменных и костяных изделий изучалась под микроскопом. Микрофотографии показали, что следы, остающиеся на орудиях в результате их применения одинаковы как на экспериментальных, так и на подлинных палеолитических изделиях.

Эффективность орудий определялась с помощью динамометрических приборов, сконструированных сотрудниками экспедиции; процессы изготовления самих орудий хронометрировались и фотографировались. Работа археологов, в считанные минуты изготовлявших каменные орудия, быстро рубивших или деревья, скобливших шкуры животных, производит сильное впечатление. Судя по этнографическим материалам, документальным кинофильмам, способы работы, движения, позы археологов — все это, на глаз, ничем не отличалось от действий первобытного человека; можно сказать, что ученые хорошо «вжились в роль».

В результате работ отряда было установлено, какие виды деревьев пригодны для изготовления тех или иных орудий; выяснено, что для срезания и скобления дерева наиболее эффективными орудиями были изделия с зубчатыми краями (обработка ими свежеснятых шкур совершенно невозможна); установлено, скребки какой формы наиболее производительны, а какие — наиболее удобны при обработке шкур. Как показали эксперименты, наиболее эффективным оружием охотников палеолита была самшитовая рогатина. Таким образом, проведенные исследования позволили установить весьма важные функции древнейших каменных и деревянных орудий и выявили высокую степень их эффективности, которая

¹ Подробнее см.: Эргономия — перекресток наук. «Природа», 1971, № 3.

¹ Сб. Археологические открытия 1971 года. М., «Наука», 1972, стр. 171—173.

прежде недооценивалась. Высокая производительность палеолитических орудий свидетельствует о больших производственных возможностях первобытного общества.

И. Б. Ш и ш к и н
Москва

Самое древнее жилище на Земле

В 1966 г. экспедиция французских археологов под руководством Анри де Люмлея исследовала близ бульвара Терра Аната в г. Ницце исключительные по сохранности остатки древнейших стоябищ. Они залегают в слое, относящемся к концу миндельского ледникового периода (около 300 тыс. лет назад) и, возможно, связаны с неандертальцами.

Стоябища располагались в небольшой бухте Средиземного моря, уровень которого в тот период более чем на 20 м превышал нынешний. По остаткам пыльцы и раковинам улиток выяснено, что климат был более холодный и влажный, чем теперь.

Люди селились на дюне, бере или пляже. Следы временных жилищ в виде вытянутых овалов имеют длину от 8 до 15 м, ширину от 4 до 6 м. Контуры были выявлены по отпечаткам жердей, вбитых в песок для сооружения стен. Одно из наиболее ранних жилищ очерчивалось также овалом из плотно располагавшихся булыжников. На средней линии имелись следы столбов. Крыша, видимо, была двускатной, с коньком посередине.

В центре каждого жилища располагался очаг. Он представлял собой либо небольшую булыжную вымостку, либо мелкую яму диаметром 30—60 см, наполненную золой и углем. Более древних очагов пока нигде не обнаружено. К северо-западу от очагов стояли невысокие стены, сложенные из булыжников или гальки, они защищали огонь от ветра.

На территории современной Ниццы и ее окрестностей люди охотились на благородного оленя, южного слона, дикого кабана, каменного козла, носорога Мерка, дикого быка, а

также на кроликов, птиц, черепах, грызунов. Кости всех этих животных найдены в жилищах и возле них. Пищевые ресурсы моря использовались мало. На стоябищах найдено небольшое количество раковин устриц, мидий, моллюска-блюдечка, а также костей рыб.

В жилищах не только окончательно разделялась добыча и приготавливалась пища, в них создавались также примитивные орудия нескольких типов. Сырье — в виде подходящих галек и булыжников из кремня, кварцита, известняка — собиралось на берегу.

В одном случае с булыжника посредством нескольких ударов была снята серия отщепов. Ядрище и отщепы так и остались лежать без употребления. Подобные обстоятельства очень ценны: приложив отщепы к ядрищу, можно затем восстановить последовательность производства древнего орудия.

В. Я. Сергин
Москва

Коротко

● В Научно-исследовательском институте ядерной физики, электроники и автоматики (Томск) запущен ондуляторный синхротрон на энергию электронов 2 Мэв. На выходе из ускорителя получен ток 50 ма. Проводятся работы по увеличению интенсивности тока ускоренных частиц.

«Письма в ЖЭТФ», т. 15, 1972, вып. 6, стр. 301.

● Сотрудники Ленинградского педиатрического медицинского института установили, что кратковременная фиксация кроликов в станке (15—20 мин.) в положении на спине сопровождается перераспределением крови в печени и структурными изменениями этого органа. Очевидно, что необходимо учитывать эти изменения при экспериментальной работе с животными.

«Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 1972, № 3, стр. 32.

● Исследования, проведенные в клинике аллергических заболеваний Института внутренних болезней (Белосток, Польша), подтвердили гипотезу, что табачный дым может быть причиной аллергических заболеваний и вызывать приступы бронхиальной астмы. Как установлено, табак оказывает вредное действие на защитные механизмы организма (вызывает недостаток витамина С и т. д.). Постоянный контакт с курящими родителями, очевидно, способствует развитию у детей аллергических заболеваний.

«Польша», 1972, № 6, стр. 29.

● В результате трехлетних опытов по скрещиванию самок канареек *Serinus canaria* с самцами красношапочного вьюрка (*Serinus pusillus*), чижа (*Carduelis spinus*) и горной чечетки (*Carduelis flavirostris* Moore) сотрудникам Института зоологии АН Арм.ССР впервые удалось наблюдать появление внешне вполне развитого и жизнеспособного потомства. Особенности поведения гибридных самцов — пение и преследование самок — напоминали исходные родительские виды.

«Зоологический журнал», т. LI, 1972, вып. 5, стр. 688.

● Изучив образцы геологических пород из южной части Швеции Н. Мернер (Стокгольмский университет), Е. Лансер и Я. Хосперс (Амстердамский университет) пришли к выводу, что «нормальная», т. е. нынешняя направленность магнитного поля, установилась 12400 лет назад.

«Science News», v. 101, 1972, № 5, p. 74 (США).

● Польское минералогическое общество, созданное в 1969 г., выпустило первый том нового периодического издания «Польская минералогия». В сборнике опубликованы научные статьи по различным проблемам минералогии на английском языке с кратким содержанием на польском и русском языках.

«Mineralogia Polonica», v. 1, 1970, Warszawa, 1972.

Энциклопедии союзных республик

С. А. Степанова
Москва

Редакция «Природы» обратилась к сотруднице издательства «Советская энциклопедия» С. А. Степановой с просьбой рассказать об издании энциклопедий в союзных республиках и о взаимосвязях республиканских энциклопедических издательств с издательством «Советская энциклопедия».

Крупнейшее в мире специализированное энциклопедическое издательство «Советская энциклопедия» выпускает, как известно, третье издание универсальной «Большой Советской Энциклопедии». В планах редакционной подготовки и выпуска издательства в текущем году большое место занимают отраслевые энциклопедии — Советская Историческая, Краткая Литературная, Музыкальная, Сельскохозяйственная, энциклопедии по политэкономии, космонавтике, полимерам и даже... маленькая энциклопедия «Цирк». Здесь перечислена только небольшая часть тематики крупнейшего энциклопедического издательства.

Наряду с этим в Советском Союзе издаются национальные (республиканские) энциклопедии, что свидетельствует о дальнейшем росте науки и культуры братских советских республик.

В настоящее время выпускаются (или подготавливаются к изданию) национальные энциклопедии во всех пятнадцати союзных республиках, а также в Дагестанской АССР. Все эти энциклопедии издаются на национальных языках, за исключением энциклопедии «Дагестан», которая будет издана на русском языке, поскольку Дагестан, как известно, весьма многоязычная республика. Подавляющее большинство энциклопедий являются универсально-региональными, в которых местный материал составляет от 30 до 60%. Однако по многим проблемам тематика этих энциклопедий не ограничивается национальными рамками.

Вышли в свет «Украинская Советская Энциклопедия» в 17 томах, ти-

ражом 80—100 тыс. экз.; «Украинский Советский Энциклопедический Словарь» в 3 томах, 40 тыс. статей, тиражом 75 тыс. экз.; 1—5 тома восьмитомной «Белорусской Советской Энциклопедии», тиражом 25 тыс. экз.; 1—2 тома восьмитомной «Молдавской Советской Энциклопедии», тиражом 25 тыс. экз.; 1—3 тома восьмитомной «Эстонской Советской Энциклопедии», тиражом 65 тыс. экз.; 1 том «Казахской Советской Энциклопедии», тиражом 40 тыс. экз.; 1—2 тома «Узбекской Советской Энциклопедии», тиражом 50 тыс. экз. Завершено издание «Малой Энциклопедии Латвийской ССР» в 3 томах, 12 тыс. статей, тиражом 50 тыс. экз. и «Малой Литовской Советской Энциклопедии» в 3 томах, 18 тыс. статей, тиражом 30 тыс. экз.

Подготовлены к выпуску 1 том «Туркменской Советской Энциклопедии», очередные тома белорусской, молдавской, эстонской энциклопедий. Завершается работа по подготовке первых томов азербайджанской, армянской и грузинской национальных энциклопедий.

В настоящее время идет подготовка к изданию универсальной «Литовской Советской Энциклопедии» в 8 томах, в которой предполагается поместить 70—80 тыс. статей. Таджикские энциклопедисты работают над специальным томом энциклопедии, посвященным Таджикской ССР.

Кроме универсальных энциклопедий, в союзных республиках издаются также и отраслевые энциклопедические издания. Украинские энциклопедисты выпускают «Энциклопедию народного хозяйства Украинской ССР» в 4 томах, «Советскую энцикло-

педию истории Украины» в 4 томах (издание завершается), «Историю городов и сел Украинской ССР» в 26 томах, «Историю украинского искусства» в 6 томах. Идет в УССР работа по подготовке энциклопедий по кибернетике, неорганическим материалам, сельскому хозяйству и др.

Латвийскими энциклопедистами выпущена «Сельскохозяйственная энциклопедия» в 4 томах, готовятся краткий географический энциклопедический справочник «Страны и народы мира», энциклопедии по театру и кино, медицине и др.

В центральном издательстве «Советская энциклопедия» создана специальная редакция республиканских энциклопедий. Основной задачей этой редакции является обмен опытом с редакциями республиканских энциклопедий при подготовке и рецензировании комплексных статей о союзных и автономных республиках, наиболее сложных статей по всем отраслям науки и техники, по внешнеполитическим вопросам, ряда биографических статей и др. Проводятся консультации и в случае необходимости оказывается практическая помощь республиканским энциклопедистам в составлении тематических словников, даются рекомендации по отбору терминов, объемам статей, по библиографии, транскрибированию и др.

Широкие, всесторонние связи, установившиеся между главными редакциями республиканских энциклопедий и издательством «Советская энциклопедия» не только взаимно полезны, но и вносят вклад в укрепление дружбы между народами нашей страны.

О серии «Жизнь животных»

Профессор А. А. Стрелков
 Профессор М. Е. Тер-Минасян
 А. А. Гуреев
 Кандидат биологических наук
 Зоологический институт АН СССР
 Ленинград

ЖИЗНЬ ЖИВОТНЫХ. М., «Просвещение», т. 1—6, 1968—1971.

Выход в свет нового многотомного популярного издания по зоологии — событие совершенно незаурядное. Во всей мировой литературе имеется считанное число таких изданий.

Немногим более ста лет назад (1863—1869) немецкий натуралист и путешественник Альфред Брэм опубликовал многотомное сочинение «Жизнь животных», принесшее ему мировую известность. Брэм еще не закончил своего труда, а в России уже начали выходить переводы его первых книг под редакцией А. О. Ковалевского. В дальнейшем «Жизнь животных» издавалась в России еще грижды. Последнее, значительно измененное, русское издание — «Жизнь животных по Брэму» — вышло под редакцией А. Н. Северцова в 1939—1948 гг.

Книги Брэма продолжают читать, и его имя очень многим известно с детства. Однако за прошедшее столетие наши познания в области зоологии настолько расширились, а потребность в литературе о жизни животных так возросла, что назрела острая необходимость создать новое большое популярное произведение, посвященное этой теме. Почти одновременно в трех странах стали выходить тома таких изданий. В 1967—1969 гг. в ГДР было опубликовано шесть книг «Urania Tierreich». Известный немецкий зоолог Б. Гржимек также приступил в 1968 г. в ФРГ к аналогичному большому изданию. В течение 1968—1971 гг. в нашей стране издательство «Просвещение» выпустило шеститомную серию «Жизнь животных». В настоящей статье, по-

священной этому труду, нет возможности провести сравнительный анализ трех упомянутых изданий. Отметим только, что «Urania Tierreich» выгодно отличается обилием цветных и черно-белых оригинальных фотографий, но, с нашей точки зрения, значительно уступает «Жизни животных» по глубине содержания и объему информации. Высказывать окончательное суждение о работе Гржимека еще рано, так как она не закончена.

Задумав заново издать «Жизнь животных», редакционная коллегия (М. С. Гиляров, А. Г. Банников, Н. А. Гладков, А. П. Кузьякин, А. В. Михеев, С. П. Наумов, Ф. Н. Правдин, Т. С. Расс) и главный редактор серии Л. А. Зенкевич взяли на себя нелегкую задачу. Рассчитанное на очень широкий круг читателей — школьников, преподавателей биологии, студентов, многочисленных в нашей стране любителей природы, — это издание должно было стать строго научным, увлекательным, простым и понятным. Очень важно было построить и написать его так, чтобы оно не подменяло собой учебника, руководства по зоологии или справочника. Анатомо-морфологические, филогенетические, систематические и другие сведения, без которых нельзя обойтись, должны играть в издании такого типа подчиненную, служебную роль, приводиться как необходимый материал для раскрытия основной задачи издания, выраженной его названием — «Жизнь животных». Однако дать описание биологии животных гораздо труднее, чем рассказать об их строении и систематическом положении, и автору очень легко сбиться на стиль учебника или

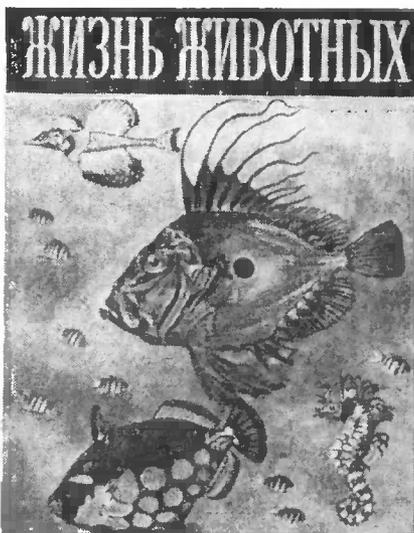
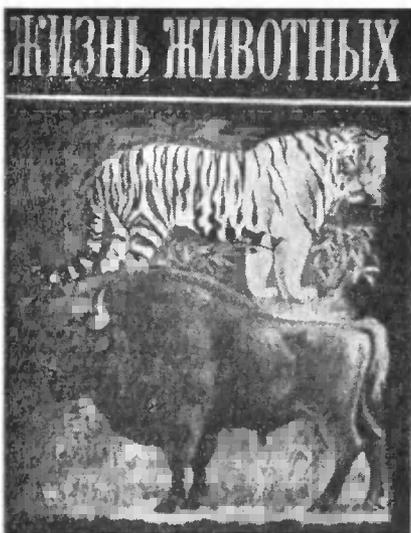
справочника. Во многих случаях создателям серии удалось преодолеть эти трудности.

Самое важное достоинство «Жизни животных» — это широчайший охват мировой фауны. В серии дается описание более 3500 видов беспозвоночных животных (в том числе около 1000 насекомых), свыше 1500 рыб, 1000 земноводных и пресмыкающихся, 1100 птиц и 1500 млекопитающих. Всего почти 8700 видов!

Общая планировка издания была разработана Л. А. Зенкевичем. Первоначально предполагалось разместить материал в пяти томах, но уже к моменту выхода первого тома стало видно, что предусмотренный объем недостаточен. Издание стало шеститомным. Однако в дальнейшем и этого оказалось мало. Пришлось разделить четвертый том на два полутома, что несколько нарушает стройность издания. Таким образом, серия фактически состоит из семи книг.

В «Жизни животных» принят традиционный, «брэмовский» характер расположения материала. В основе лежит строгая систематическая последовательность. Для каждой группы животных дается вводное описание и анатомо-морфологический очерк, а далее, как правило, следует описание отдельных видов, в некоторых же разделах — целых биоценозов (паразитические инфузории, сверлящие губки, плейстонные кишечнорастворители, коралловый риф).

Каждый том включает большую группу животных или же несколько групп, систематически близких между собой. Так, т. 1—3 посвящены беспозвоночным, т. 4 — рыбам, земно-



водным и пресмыкающимся, т. 5 — птицам, т. 6 — млекопитающим. Редакция, по нашему мнению, поступила правильно, поместив жабродышащих во втором томе, а хелицеровых и трахейнодышащих — в третьем. Тип членистоногих оказался разбитым на два тома, зато второй том получился чисто «морским», а третий — чисто «наземным».

Первый том серии открывается вводной статьей главного редактора, в которой уточнены вопросы систематики животного царства, затронута история животных в палеонтологическом и филогенетическом плане, рассмотрены этапы эволюции животных, их биологические особенности, вопросы зоогеографии. Раздел насыщен оригинальным материалом, это плод многолетних раздумий автора и вместе с тем образец популярной подачи сложных вопросов. Заканчивается введение написанной Ю. И. Полянским блестящей главой о строении и функциях клетки.

В настоящей статье нет возможности уделить равное внимание всем 70 авторам «Жизни животных», и потому мы попытаемся отметить лишь некоторые, с нашей точки зрения, наиболее удачные и наиболее слабые разделы. Но сначала нам хотелось бы сделать несколько критических замечаний общего характера.

Большинство разделов построено

по вполне современной системе. Пожалуй, только не всеми зоологами (и даже не большинством) признается столь большое число типов — 23. И уже совсем необоснованно в самостоятельный тип выделены позвоночные животные. Кроме того, по-видимому, вовсе не обязательно было в этом популярном издании применять столь дробную классификацию (подтипы, надтипы, сверхотряды и т. д.).

Мало оправданным оказалось стремление привести новейшую классификацию рыб, тем более, что, по словам самих авторов, она еще далеко не разработана. В результате в популярной книге появились названия надотрядов, которые мало что говорят читателю: араваноидные, ангилоидные, циприниоидные, атероидные, беркоидные и т. д. Но и этой очень сложной иерархической системы авторам показалось все же мало. В классе костных рыб выделена группа настоящих костистых, которой вообще не присвоено никакого ранга.

Иногда применяется довольно запутанная система русских названий таксономических рангов. Так, в книге встречается подотряд человекообразные, семейство человекоподобные, семейство крупные человекообразные. Имеется подотряд высших приматов, но нет подотряда низших приматов. Есть семейство низших уз-

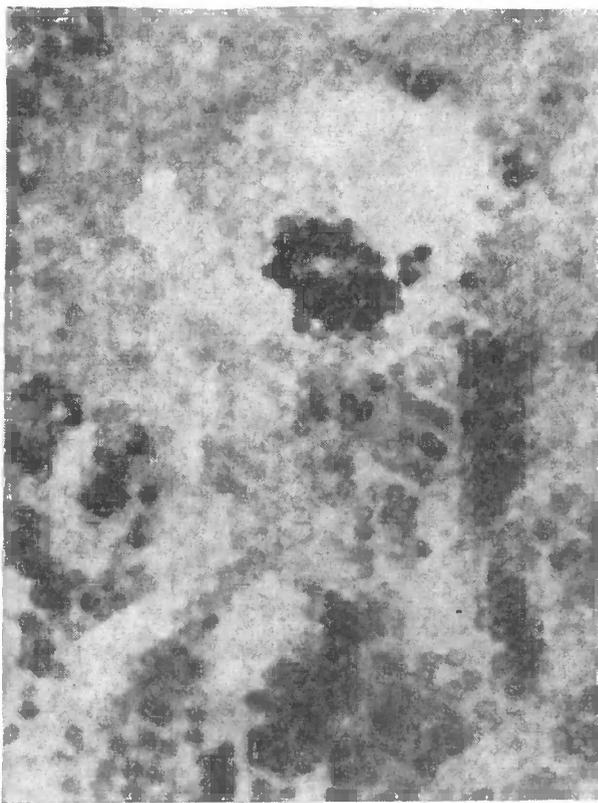
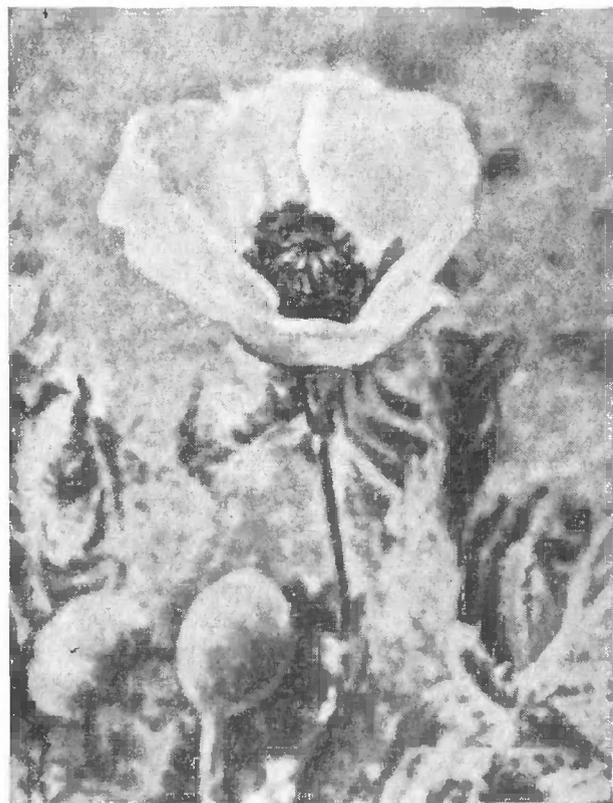
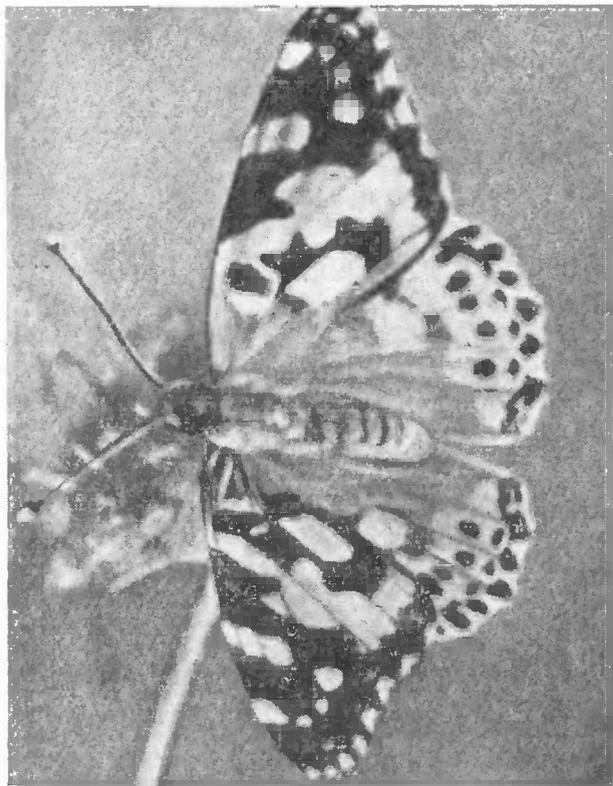
коносоых, но нет семейства высших узконосоых.

Пестрит массой невообразимых русских названий раздел о грызунах: гребнемышинные, тростниковокрысиные, мешетчатопрыгунковые, колючесоневые. Эти впервые вводимые в популярную зоологическую литературу названия, конечно, не украшают книгу.

Несомненно, следует присоединиться к высокой оценке раздела о простейших (Ю. И. Полянский), уже данной в рецензиях на первые три тома «Жизни животных»¹. Этот раздел (т. 1, стр. 65—177), которым начинается основной текст «Жизни животных», оказался одним из самых удачных во всей серии. Эта большая

¹ Ю. С. Балашов, Г. Я. Бей-Биенко, А. А. Стрелков, М. Е. Тер-Минасян и А. А. Штакельберг. Жизнь животных. Беспозвоночные. «Зоологический журнал», 1970, т. XLIX, вып. 8; Н. Н. Щербак. Жизнь животных. Земноводные и пресмыкающиеся. Там же, 1971, т. L, вып. 11.

Иллюстрация из книги «Жизнь животных», т. 3: вид бабочки и цветка мака, воспринимаемый глазом человека (слева) и фасеточным глазом насекомого (справа).



и очень важная часть издания написана на основе новейших ультрамикроскопических исследований, с учетом последних данных по жизненным адаптациям, циклам, физиологии, систематике и филогении простейших. Некоторые классы — саркодовые, жгутиконосцы, инфузории — разобраны по экологическим группам, что очень важно для этого типа издания.

Хорошо написан В. М. Колтуном весьма трудный раздел о губках (т. 1, стр. 182—220). Автор не ограничился простым описанием морфологии различных систематических групп губок, но сумел показать этих животных с самых различных сторон. Очень интересно рассказано о сверлящих губках.

В очерке о кишечнополостных (т. 1, стр. 221—334) Д. В. Наумов и Ф. А. Пастернак удачно биологизировали морфологический раздел. Медузы и полипы рассматриваются как две формы приспособления к жизни в водной среде: прикрепленному существованию и свободному плаванию. Очень интересен подробный очерк о сожительстве кишечнополостных с другими организмами, где приведена масса новых примеров. Впервые в отечественной научно-популярной литературе освещен вопрос происхождения пресноводных кишечнополостных. Авторы знакомят читателя с системой кишечнополостных лишь до уровня отрядов, но зато приводят описания биологических комплексов, что гораздо важнее для данного издания, чем описания морфологии многочисленных семейств и родов. Увлекателен рассказ о жизни кораллового рифа, написанный по личным впечатлениям от экспедиций в тропики.

Удачно описаны кольчатые черви (т. 1, стр. 467—528). Авторы кратких очерков о многощетинковых (В. А. Свешников), олигохетах (И. И. Малевич) и пиявках (Е. И. Лукин) сумели достаточно ярко показать и образ жизни этих животных, и их роль в морских, пресноводных и почвенных биоценозах.

«Головоногие моллюски» (т. 2, стр. 156—193) — один из наиболее интересных разделов серии. Автор этой части издания И. И. Акимущин вы-

ступал в научно-популярной литературе с широко известной книгой «Приматы моря». В «Жизни животных» он пишет, по существу, о том же, но с учетом новых требований и не повторяет себя.

Особого внимания заслуживает раздел об иглокожих (З. И. Баранова и Г. М. Беляев; т. 2, стр. 195—297). Такого полного представления об иглокожих, их образе жизни в русской литературе до сих пор не было. Весьма обстоятелен рассказ о полухордовых (Н. Г. Виноградова; т. 2, стр. 316—328). Н. Г. Виноградовой очень удачно были описаны и оболочники (т. 2, стр. 329—363).

Большой раздел о ракообразных (т. 2, стр. 377—529) принадлежит перу Я. А. Бирштейна, который сумел в рамках новой, современной системы мастерски нарисовать картину жизни ракообразных.

Весь третий том, созданный, в основном, А. Б. Ланге, М. С. Гиляровым и Ф. Н. Правдиным, заслуживает полного одобрения, если не считать излишне подробной анатомо-морфологической характеристики паукообразных, где приводится множество трудноразличимых и мало что дающих читателю терминов (просома, мезосома, метосома, гнатосома и т. п.). Общий очерк о насекомых написан нестандартно, интересно. Особенно удалась его автору, М. С. Гилярову, страницы о биологическом значении окраски, об органах чувств, поведении, взаимоотношениях с растениями, происхождении вредителей. Так же увлекательны очерки об отдельных отрядах насекомых. Учитывая особый интерес всякого начинающего биолога к насекомым, огромное практическое значение этой группы животных, их многочисленность, невероятное видовое разнообразие и широкий круг адаптаций, можно сказать, что достоинства этого тома значительно повышают ценность всей серии в целом.

Описание рыб (т. 4, ч. 1) — несомненная удача авторского коллектива, руководимого Т. С. Рассом. Биологические сведения хорошо сочетаются с морфологией. Много внимания уделено охране рыб, промыслу, географическому распространению. Приведено большое число лю-

бопытных сведений по истории изучения рыб, содержанию их в аквариуме и т. п.

Земноводные и пресмыкающиеся (т. 4, ч. 2) описаны сравнительно небольшим коллективом авторов (А. Г. Банников, И. С. Даревский, М. Н. Денисова, Н. Н. Дроздов и Н. И. Иорданский). Ранее уже упоминалась развернутая рецензия на этот том «Жизни животных», и здесь остается только присоединиться к высказанной там положительной оценке.

Пятый том, посвященный птицам, написан в основном известным орнитологом Н. А. Гладковым в сотрудничестве с Г. П. Деметьевым, А. В. Михеевым и А. А. Иноземцевым. В целом книга достаточно популярна, к тому же информация, содержащаяся в ней, так обильна (особенно в области морфологии отдельных групп птиц, их биологии, распространения и др.), что будет использована не только любителями природы, учащимися и педагогами, но и профессионалами-орнитологами. Если информацию о птицах фауны СССР можно получить из ряда книг, то о зарубежной, весьма интересной орнитофауне литературы у нас вообще не было. В связи с этим ценность тома «Птицы», в котором дается описание 1100 видов птиц, очень велика. Жаль, что в систематике птиц не нашли отражения работы Б. К. Штегмана, Е. В. Козловой и К. А. Юдина, внесших существенные коррективы в трактовку некоторых отрядов.

Последняя книга серии посвящена млекопитающим. Этот том обладает рядом положительных качеств. Описание животных, в большинстве своем живые и интересные, содержат много новых данных. Для ряда групп указаны филогенетические связи или отмечено время их появления на Земле. Даются сведения о мероприятиях по охране и восстановлению численности ценных и декоративных видов млекопитающих в СССР и других странах. Весьма полезен рассказ о породах домашних животных. Э. В. Рогачевой удалось собрать и интересно изложить обильный материал по однопроходным и сумчатым, о которых до сих пор в русской литературе говорилось мало. Живо написаны разделы, составленные А. Г.

Банниковым. Интересен, но, к сожалению, слишком краток, раздел о ластоногих (С. П. Наумов).

Этим беглым обзором мы хотели лишь подчеркнуть, что большинство разделов «Жизни животных» написаны с достаточной полнотой и вполне соответствуют типу издания. Лишь отдельные части издания (их немного) оказались далеко не тем или иным причинам неудачными.

Весь раздел о низших червях и близких к ним группах (т. 1, стр. 337—463), к сожалению, слишком краток, что значительно обедняет издание в целом. Это тем более обидно, что в нашей стране имеется огромный коллектив гельминтологов, внесших большой вклад в науку.

В уже упомянутой рецензии справедливо отмечалось, что очень неудачно составлен раздел о моллюсках (т. 2, стр. 7—155), за исключением страниц, посвященных головоногим. Б. В. Властов, П. В. Матекин, Э. А. Филатова и В. И. Зацепин вместо описания жизни моллюсков представили далеко не полную сводку по их систематике. Текст изобилует ляпсусами, и небрежностями, в которых повинны и авторы раздела, и редакторы. Приведем только один пример: широко известный крупный тропический моллюск Тритон не упомянут в тексте, однако дважды изображен — на рис. 39 (стр. 54) под названием *Tritonium* и на табл. 2 под названием *Varonia* вместо *Charonia*. Эта же *Varonia* фигурирует и в указателе латинских названий.

Как это ни странно, наиболее слабыми следует признать разделы о насекомоядных, рукокрылых, грызунах (т. 6, стр. 68—119, 152—250), хотя одним из авторов являясь член редакционной серии и титульный редактор тома А. П. Кузьякин. Особенно неудачно описаны рукокрылые. Биология рукокрылых заменена здесь сводкой по их систематике. Приводятся слишком подробные и малоинтересные для широких кругов читателей морфологические признаки, скажем такие, как размеры предплечья у каждого вида. В тексте масса повторений, а такие интересные адаптации рукокрылых, как приспособления к питанию рыбой, нектаром цветов или кровью других позвоночных, о кото-

рых следовало рассказать подробно, по сути дела остались не освещенными. В тексте упоминается много морфологических особенностей, значение которых не раскрывается. На стр. 98 читаем: «...вдоль основания шпор у многих видов тянется своеобразная кожная лопасть — эпиблема (рис. 60)». На рис. 60 изображен молодой ушан, но где у него эта эпиблема — неизвестно. Хаотичность изложения и произвольное применение русских названий групп животных весьма затрудняют понимание текста. На стр. 99 читаем: «...наивысшего совершенства летательный аппарат и полет достигает у бульдоговых». Общеизвестны собаки бульдоги, и читателю невдомек, что через 10 стр. приведено описание летучих мышей из семейства бульдоговых. Объяснения этому названию в тексте нет, нет даже и рисунка представителя этого семейства, обладающего самой совершенной среди млекопитающих способностью к полету. И это нельзя объяснить недостатком места. Некоторые рисунки абсолютно излишни, например изображение матки беременных самок, содержащихся при разной температуре.

Привлечение большого числа авторов всегда создает опасность разнообразия в стиле, нежелательного для единого издания. И редакционная коллегия, и титульные редакторы отдельных томов приложили немало сил для преодоления этой трудности. То же самое можно отнести и к издательской редакции. Большое и очень сложное дело энергично и инициативно, по отзывам участников издания, возглавляла заведующая редакцией биологии М. И. Попова при активной помощи коллектива редакции — Е. Н. Хунцария, В. И. Сучинской, И. А. Михайловской, Н. В. Королевой. В результате большинство томов получились целостными. Над томом о рыбах трудилось 24 автора, а получился он так, будто написан одним человеком. В этом можно усмотреть заслугу Т. С. Расса — титульного редактора этого тома. В составлении последнего тома принимало участие 10 авторов, но в результате, по-видимому, недостаточной редакторской работы том получился очень неровный. В ряде случаев текст

не согласован с материалом, изложенным в предыдущих томах.

Вызывает сожаление недостаточное внимание редакторов к тому, насколько необходимо в каждом конкретном случае описание или изображение процессов копуляции. Так, при крайней бедности экологического материала в разделе о брюхоногих моллюсках авторы все же посчитали необходимым изобразить копулирующих виноградных улиток. На рисунках в разделе ракообразных показано исчерпывающее разнообразие различных форм копуляции и поз, принимаемых при этом животными. При описании рукокрылых проблемам спаривания посвящена почти целая страница. В некоторых абзацах слова: «спаривание», «оплодотворение», «осеменение» без нужды повторяются почти на каждой строке. Подробно обсуждаются проблемы спаривания молодых и старых самок с самцами, а в заключение делается, мягко выражаясь, вывод сомнительный: «...сожителство в период, когда половая система самок находится в покое, указывает на сходство кожановых с приматами (т. 6, стр. 103)». Вполне понятно, что, описывая жизнь животных, нельзя игнорировать проблемы их размножения. Однако авторы книги, предназначенной и для юношества, должны обладать в этом вопросе соответствующим тактом.

Все тома «Жизни животных» с хорошими переплетами, в ярких суперобложках, красивы и добротны. Приятен глазу шрифт, оправдан набор в две колонки. В первых томах, к сожалению, было мало фотографий, в последнем их стало гораздо больше.

К работе над иллюстрациями были привлечены хорошие художники во главе с нашим известным художником-анималистом Н. Н. Кондаковым. Большинство авторов работало в тесном контакте с художниками-иллюстраторами. Поэтому многочисленные рисунки и таблицы, как правило, отлично выполнены и органически связаны с текстом. Грустным исключением является пятый том «Птицы», где много небрежных и биологически неграмотных рисунков: 80, 82, 84, 88, 89, 90, 99, 120, 136, 171, 182, 190, 221, 229, 238, 295, 298 и др. В не-

скольких местах перепутаны названия птиц в таблицах.

Есть недочеты такого рода и в других томах серии. Так, вместе с акулами на рис. 19 (т. 4, ч. 1) изображены лощманы, о которых ни в подписях, ни в тексте, к которому относятся рисунки, ничего не говорится. А ведь целесообразно было бы нарушить в данном случае систематический порядок и рассказ о лощмане связать с описанием акул.

Некоторые цветные и тоновые таблицы (это касается, главным образом, томов с насекомыми и птицами) воспроизведены из широко известных иностранных изданий (английских, американских, польских) или скопированы по их типу. Однако это нигде не оговорено.

В «Жизни животных» изображены далеко не все животные, которые описываются в тексте. Поэтому вызывают недоумение многочисленные повторения изображений одного и того же вида в черно-белом рисунке и на цветной таблице. На таблице 11 в первом томе изображены животные кораллового биоценоза. Очень сходные картины с изображением тех же видов имеются во втором томе (табл. 11 — «Двусторчатые мол-

люски коралловых рифов», табл. 18 — «Иглокожие тропических мелководий» и табл. 19 с тем же названием). С нашей точки зрения, в таблицах часто неудачно использован черный фон. Так, табл. 2 в т. 1 («Различные радиолярии») оказалась совершенно испорченной из-за перенесения ее на черный фон. Неоправдано это и в ряде других случаев, в особенности там, где сами животные имеют темную окраску.

В каждом томе серии имеются указатели. Их четыре: указатель терминов, русских названий, латинских названий и именной. Правда, в томах с описанием рыб и млекопитающих указатель терминов почему-то отсутствует. Если указатель русских названий в целом удачен, то указатель названий латинских мог бы быть гораздо более удобен, если бы видовые названия располагались вместе с родовыми в общем алфавитном порядке.

По-видимому, никто из авторов, а главное из редакторов, не пытался проанализировать именной указатель. А это было бы чрезвычайно интересно. Большинство крупных зоологов прошлого и нашей современности упомянуты в одном из томов «Жизни

животных», но некоторым из них по какой-то причине не повезло. Так, забыт Д. Н. Кашкаров — автор нашего лучшего учебника по зоологии позвоночных. Где, как не в «Жизни животных», следовало бы рассказать об исследованиях и работах А. Н. Промптова? Но и он оказался забыт авторами тома о птицах. Таких оплошностей довольно много.

*

Несмотря на перечисленные недостатки, следует признать, что авторский коллектив и редакция — как научная, так и издательская — в целом справились со своей очень трудной задачей и выполнили крайне полезное дело.

Сейчас издательство «Просвещение» ведет подготовительную работу для нового серийного издания «Жизнь растений». Во многих отношениях писать такую вещь труднее, чем «Жизнь животных». Хочется надеяться, что весь положительный опыт и все недостатки серии «Жизнь животных» будут учтены и авторами, и издателями при подготовке нового ценного и очень нужного издания по биологии.

НОВЫЕ КНИГИ

■
РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ В БИОЛОГИИ. М., «Наука», 1972, 392 стр., ц. 1 р. 94 к.

«Результаты исследований биологических систем, проведенных в последние годы с использованием новых методов физики и химии, кибернетики и ряда областей математики, — говорится в этой книге, — существенно изменили представления о степени сложности и характере организации таких систем. Ощущается настоятельная необходимость в уточнении и переработке общетеоретических представлений, чтобы привести их в соответствие с современным уровнем знания о живой материи.

В настоящей книге рассматриваются проблемы системности, структуры

и уровней организации живой материи, послужившие темой Всесоюзной конференции «Структурные уровни биосистем» (1968). Материалы этой конференции и ряда последующих теоретических обсуждений и легли в основу книги».

Освещению истории вопроса и характеристике различных наметившихся подходов его решения посвящается развернутая вступительная статья «Концепция структурных уровней в биологии». Общий массив статей сборника разбит на два основных раздела: 1) методологические проблемы и основные понятия и 2) проблемы становления, классификации и соотношения структурных уровней биологических систем. Важно отметить, что авторы разрабатывают единую теоретическую модель познания

любых материальных, а не только биологических систем.

Данный сборник представляет значительный интерес, конечно, прежде всего для биологов, но его содержание не оставит равнодушным и философа, и математика, и психолога.

■
Геродот. ИСТОРИЯ В ДЕВЯТИ КНИГАХ. Л., «Наука», серия «Памятники исторической мысли», 1972, 600 стр., ц. 3 р. 11 к.

Гениальное творение греческого писателя Геродота (между 490 и 480 — между 430 и 424 гг. до н. э.) занимает особое место в истории европейской науки: оно является первым памятником исторической мысли и одновременно первым памятником

художественной прозы. Еще Цицерон по праву назвал Геродота «отцом истории» (и с той поры этот почетный титул прочно связан с именем великого греческого историка): «История» Геродота, бывшая делом всей его жизни, повествует о событиях мирового значения — греко-персидских войнах, обусловивших развитие исторического процесса в Элладе. Наряду с несомненными научными заслугами фундаментальный труд Геродота несет печать блестящего литературного таланта своего автора, мастера сжатой, отточенной и меткой фразы, сумевшего из хаоса легенд, мифов, исторических анекдотов, устных рассказов, собственных наблюдений и изысканий, документальных данных, трудов своих предшественников и т. п. создать яркое и цельное по своему характеру произведение.

Изданием данной книги открывается новая академическая серия, в которой будут представлены труды, сыгравшие важную роль в развитии мировой исторической мысли. В рамках этой серии скоро будут изданы «История Флоренции» Макиавелли, критические статьи из знаменитой «Энциклопедии» Дидро и Даламбера, «Великая французская революция 1789—1793 гг.» Петра Кропоткина, «Апология истории, или Ремесло историка» Марка Блока, «Идеи философии истории человечества» Гердера, «Письма об изучении истории» Боллингброка, «Первобытное общество» Моргана, философско-исторические труды Гегеля, сочинения Саллюстия, Августина и Пселля. Выпускаемые большими тиражами книги данной серии, имеющие большую образовательную, воспитательную и культурную ценность, рассчитаны на широкую читательскую аудиторию.

ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАЧАЛА XIX СТОЛЕТИЯ. В трех томах. Том 3. Математика XVIII столетия. М., «Наука», 1972, 496 стр., ц. 2 р. 84 к.

Третьим томом завершается академическое издание коллективного труда «История математики». Как в первом (Древность. Средние века. Эпоха

Возрождения.), так и во втором (XVII век) и в третьем (XVIII век) томах авторы пытаются дать полную картину истории основных математических понятий, методов и алгоритмов в их внутреннем взаимодействии и последовательном развитии во времени. Вместе с тем читатель получит представление о творческих биографиях и научной значимости отдельных ученых и математических группировок, школ, учреждений.

Содержание третьего тома составляет общая характеристика математики XVIII века — века просвещения, стремительного развития идей предыдущего столетия и подготовки новых революционных преобразований в математике XIX и XX веков, а также детальный анализ развития основных математических дисциплин — арифметики и алгебры, теории чисел, теории вероятностей, геометрии, теории конечных разностей, дифференциального и интегрального исчисления, обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений с частными производными и вариационного исчисления. В конце тома приведены список литературы и именной указатель.

Издание предназначено для тех читателей, которые интересуются историей науки и знакомы с высшей математикой.

ВОПРОСЫ МИРОВОГО ВОДНОГО БАЛАНСА. (Материалы Международного симпозиума по мировому водному балансу, г. Реддинг, Англия, 1970 г.) Л., «Гидрометеоздат», 1972, 240 стр., ц. 1 р. 43 к.

«Все возрастающая роль водного фактора в развитии человеческого общества и наметившаяся в наши дни угроза истощения ресурсов пресных вод вследствие интенсивного и не всегда разумного их использования побудили ЮНЕСКО впервые в истории гидрологии организовать в 1965 г. крупнейшее международное сотрудничество, получившее название Международного гидрологического десятилетия (МГД). Его программа рассчитана на период с 1965 по 1974 гг., — пишут в предисловии составители этого сборника. — В осуществлении программы МГД, вклю-

чающей более 60 различных проектов (научных тем), охватывающих практически все аспекты гидрологии, участвует свыше 100 стран — членов ЮНЕСКО — Европы, Азии, Африки, Америки, Австралии».

Данное издание знакомит читателя с переводами некоторых докладов зарубежных ученых, представленных на Международный симпозиум по мировому водному балансу в 1970 г. Составители сборника отдавали предпочтение докладом, имеющим важное значение с точки зрения глобальной гидрологии, основной акцент в которых сделан на изучение закономерностей, управляющих процессами влагопереноса и влагооборота в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере. Только решив эти задачи, можно определить пути рационального использования и охраны водных богатств Земли.

Большая часть узкоспециальных и математизированных статей рассчитана на гидрологов, гидрогеологов и метеорологов, занимающихся изучением и расчетами водного баланса и водных ресурсов, но ряд статей более общего характера по проблемам глобальной гидрологии, несомненно, привлечет внимание более широкого круга естествоиспытателей, а также социологов, экологов и специалистов по международному праву.

И. Я. Померанчук. СОБРАНИЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ В ТРЕХ ТОМАХ. Том 1. Физика низких температур. Нейтронная физика. М., «Наука», 1972, 360 стр., ц. 1 р. 73 к. Том II. Физика элементарных частиц. Электромагнитные и слабые взаимодействия. М., «Наука», 296 стр., ц. 1 р. 44 к.

Выдающийся советский физик-теоретик Исаак Яковлевич Померанчук (1913—1966) широко известен своими основополагающими работами по физике низких температур, теории излучения, ядерной физике и космическим лучам. Сыгравшие в свое время значительную роль в развитии мировой и отечественной физики, эти работы представляют большой интерес для специалистов и сегодня.

Данное собрание научных трудов И. Я. Померанчука включает почти

все его научные статьи, опубликованные в различное время в отечественных и зарубежных изданиях. Для удобства читателя работы распределены не по хронологическому, а по тематическому признаку. Так, в первый том вошли работы, посвященные физике низких температур, теории металлов и диэлектриков, физике квантовых жидкостей и нейтронной физике. Во второй и третий тома включены работы по физике элементарных частиц, квантовой теории поля, теории сильных взаимодействий элементарных частиц и теории ядерных реакторов. Каждый том, в свою очередь, разбит на несколько тематических подразделов, в каждом из которых статьи следуют в хронологическом порядке. В конце третьего тома будет помещен перечень всех научных трудов И. Я. Померанчука.

Издание рассчитано на широкие круги специалистов в области физики, а также студентов и аспирантов физических специальностей.

■
Б. Понтекорво, В. Покровский. ЭНРИКО ФЕРМИ В ВОСПОМИНАНИЯХ УЧЕНИКОВ И ДРУЗЕЙ. М., «Наука», 1972, 160 стр., ц. 57 к.

Ученые, которым посчастливилось учиться у Ферми, работать под его руководством и дружить с ним — лауреаты Нобелевской премии Г. Бете, Э. Сегре, Ч. Янг, известные физики Э. Амальди, Г. Андерсон, Б. Понтекорво, Ф. Розетти и др. — передают свои впечатления о личности Ферми, стиле его работы, рассказывают о его роли в современной науке, о малоизвестных фактах из его жизни.

Воспоминания, взятые из разных изданий, включены в биографический очерк о Ферми, написанный Б. Понтекорво, и перед читателем встает многогранный облик выдающегося физика.

В приложении к книге помещено несколько популярных статей Э. Ферми — «Масса в теории относительности», «Квантовая теория излучения» и др.

■
У. И. Франкфурт, А. М. Френк. ОПТИКА ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛ. М., «Наука», серия «Современные тенденции развития науки», 1972, 212 стр., ц. 64 к.

Классическая релятивистская электродинамика (электродинамика движущихся тел) и, в частности, ее отдел — волновая оптика сыграли знаменательную роль в развитии физики. Крупнейшие физики — от Эйлера, Юнга и Френеля до Планка, Эйнштейна, Дирака, Ландау — усиленно разрабатывали ее проблематику, и в том числе вопрос об оптике движущихся тел. Казалось, что уже в 1905 г. Эйнштейн решил основные проблемы оптики движущихся тел, но много новых глубоких проблем в этой области знания возникло в конце 30-х годов, когда, по словам авторов книги, «вскрылись интереснейшие возможности, связанные с движением источников света в преломляющих средах со скоростью, близкой к скорости света или даже превышающей скорость света в среде». Это направление получило разработку, главным образом, в трудах советских физиков (С. И. Вавилов, П. А. Черенков, И. Е. Тамм, И. М. Франк, В. Л. Гинзбург); оно интенсивно развивается и в наше время.

Материал книги охватывает все этапы развития оптики движущихся тел. Особое внимание авторы уделяют той роли, которую сыграли проблемы оптики в развитии теории относительности, однозначно объяснившей, в свою очередь, основные парадоксы оптики движущихся тел — астрономическую абберацию, эффект Доплера, опыты Майкельсона. Доступно изложены современные экспериментальные методы этой дисциплины.

■
И. И. Шафрановский. НИКОЛАЙ СТЕНОН (НИЛЬС СТЕНСЕН) — КРИСТАЛЛОГРАФ, ГЕОЛОГ, ПАЛЕОНТОЛОГ, АНАТОМ (1638—1686). Л., «Наука», серия «Научно-биографическая литература», 1972, 180 стр., ц. 57 к.

Датский натуралист Николай Стенон (Нильс Стенсен) является одним из наиболее выдающихся и разносторонних естествоиспытателей XVII в. С его именем связаны: установление первого закона кристаллографии (закон постоянства углов на кристаллах), заложение основ научной геологии (важные обобщения относительно формы земных слоев и условий их залегания), зарождение пале-

онтологии, ряд блестящих открытий в области анатомии и физиологии (исследования слюнных желез, слезной секреции, строения мозга и деятельности сердца).

XVII век с его тесным переплетением научных и богословских идей определил трагическую судьбу Стенона. После 10 лет блестящей научной карьеры, в полном расцвете сил и дарований Стенон принимает духовный сан, покидает научное поприще и становится епископом. Несколько лет суровой аскетической жизни свели его в могилу. Он умер нищим, а имя бывшего королевского анатома Стенона оказалось на долгие годы забытым. И только в последнее столетие труды Стенона вновь привлекли внимание ученых, благодаря, главным образом, усилиям географов, кристаллографов и историков науки (среди последних — особенно значителен вклад покойного немецкого профессора Г. Шерца — крупнейшего биографа Стенона).

■
В. И. Семишин. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА. М., «Химия», 1972, 188 стр., ц. 39 к.

Отечественного читателя трудно удивить новой книгой о периодическом законе Д. И. Менделеева, ибо литература по этому вопросу огромна. Тем не менее очевидна польза обобщающего популярного издания в этой области. Автор данной книги попытался, как сказано в предисловии «осветить, кратко и в возможно популярной форме, как историю открытия и развития периодического закона, так и современную его трактовку и намечившиеся направления дальнейших исследований. Такая книга может быть полезной для учащихся и преподавателей средней школы, студентов вузов и учащихся техникумов, а также для широкого круга лиц, имеющих элементарные знания в области химии и физики, интересующихся вопросами истории химии и современным состоянием представлений о строении вещества».

В книге около ста иллюстраций. Большой интерес представляют хорошо прокомментированные варианты таблиц системы элементов.

Пирамидальная сосна

В Зерендинском лесхозе (Северный Казахстан) обнаружена сосна с пирамидальной, как у кипариса, кроной. Ярко выраженные признаки пирамидальности у этой сосны: тонкие ветви, отходящие от ствола под острым углом, узкоконусная крона. Сосна обладает довольно хорошим ростом: высота ее 22,5 м, а диаметр на высоте груди 30,1 см. Возраст дерева около 60 лет.



Крона пирамидальной сосны.
Фото автора.

Сосна с такой кроной не только декоративна, но и ценна в хозяйственном отношении — ее древесина не имеет крупных сучков, а созданные насаждения будут более полно использовать космические и земные ресурсы.

Предварительные данные, полученные в результате наших наблюдений, показывают, что признак пирамидальности сохраняется и у потомства, выращенного из семян пирамидальной сосны. У четырех сосен, высаженных в культуру в мае 1961 г. в двухлетнем возрасте, признаки пирамидальности наблюдались на 5—6 году жизни.

Наблюдения за потомством продолжают. Очень важно проверить, как признак пирамидальности проявится в третьем поколении.

А. Н. Обозов
Москва

Зеленый кузнечик — истребитель личинок колорадского жука

В начале июля 1971 г. при обработке растений картофеля мы обратили внимание, что среди живых личинок колорадского жука попадались и пустые их «кожурки», из которых содержимое было явно высосано каким-то неизвестным врагом этого вредителя. Вскоре этот «некто» буквально попался с поличным — был пойман зеленый кузнечик с личинкой колорадского жука во рту.

Тогда мы решили провести ряд опытов, чтобы удостовериться, что зеленый кузнечик действительно поедает личинок колорадского жука.

В специальной литературе указыва-

ется¹, что зеленый кузнечик (*Tettigonia viridissima*) — насекомое салатно-зеленого цвета (у взрослых особей на спинке появляются бурые расплывчатые пятна). Величина туловища — от 45 до 50 мм. Зеленый кузнечик — охотник, он подкрадывается к добыче медленно, осторожно, стараясь слиться с зеленым стеблем растения, на котором сидит. Его длинные усики-«антенны» при этом находятся в непрерывном движении, улавливая неслышные для нас ультразвуки.

Подкравшись к жертве и укусив ее своими челюстями-жалами, кузнечик выделяет каплю бурой едкой жидкости, способствующей, видимо, лучшему перевариванию пищи, потому что он снова ее всасывает вместе с мягким содержимым тела жертвы.

Чтобы проследить, за охотой зеленого кузнечика, мы поместили в стеклянный сосуд облиственный стебель картофеля с сидящими на нем личинками и взрослыми особями колорадского жука; туда же посадили взрослого зеленого кузнечика. Мелких личинок кузнечик проглатывал целиком; крупных он раздавливал челюстями и высасывал содержимое. Взрослых жуков кузнечик не трогал; листьев картофеля тоже. В условиях принудительного ассортимента (в банке других насекомых не было) один зеленый кузнечик в состоянии съесть от 8 до 20 личинок колорадского жука.

А. Д. Подгурская,
В. Т. Подгурский

Кишиневский сельскохозяйственный институт

¹ Г. Я. Бей-Биенко. Общая фитопатология, М., 1971; Определитель насекомых Европейской части СССР. М.—Л., 1948.

Письмо в редакцию

Уважаемая редакция, в прошлом году ваш журнал опубликовал обзор Б. Н. Пановкина «Внеземные цивилизации — проблемы и суждения»¹. Мне бы хотелось высказать свое мнение о трудностях, которые неизбежны при поисках внеземных цивилизаций.

Задачи науки можно разделить на несколько категорий. Можно изучать различные явления, в частности, наблюдаемые в окружающем нас космическом пространстве, вскрывая и приводя в закономерную систему все особенности этих явлений. Однако может быть поставлена задача и совсем иного рода. Можно искать в окружающем нас космосе что-то заранее заданное, заранее определенное. Здесь на первом месте уже давно поставлена задача отыскать где-либо во Вселенной следы высокоразвитой цивилизации, следы космического строительства, направляемого коллективным разумом, достигшим высоких ступеней развития и организации. Чтобы решить такую задачу, по-видимому, целесообразно заранее выработать представление, что именно следует искать. Чем больше различных предположений будет при этом выдвинуто, тем вероятнее обнаружить где-то в космосе подтверждение одного из них. Несомненно, что при выдвижении таких предположений-гипотез требуется глубокая научная эрудиция, чтобы фантазия вырастала закономерно, исходя из

объективных законов движения материи и развития коллективного сознания. Вместе с тем необходимо найти такие признаки, которые можно было бы заметить при помощи современной астрономической техники.

Есть веские основания считать, что такими признаками в первую очередь могут быть спектры излучений, испускаемых отдаленными звездами. Однако при развитии таких поисков нужно иметь в виду одну очень существенную трудность. Дело в том, что внутри Солнечной системы и сравнительно близко за ее пределами в настоящее время практически нет шансов найти что-либо связанное с высокоразвитыми внеземными цивилизациями. По-видимому, их следует искать существенно дальше от нашей Солнечной системы. В этом случае начинает играть важную роль тот факт, что свет от отдаленных звезд идет к нам длительное время в течение многих миллионов и даже миллиардов лет. Это время весьма значительно. Можно установить, что видимая нами Вселенная существует примерно 10 млрд лет. Это время не так уже сильно отличается от времени распространения света к Земле от наиболее далеких космических объектов.

Таким образом, мы можем видеть с Земли отдаленные объекты, которые существенно моложе нас. Чем дальше отстоит от нас космический объект, тем более молодым по сравнению с нами мы его видим.

Если видимая нами совокупность космических объектов возникла одновременно в какой-то момент расширения Вселенной, то все, что мы видим на значительных расстояниях

в космосе, существенно моложе нас, все видимое вдалеке развивалось в течение времени меньшего, чем мы сами. Это — простой и вместе с тем весьма важный факт.

Изменить спектр излучения звезды или галактики может только очень высокоразвитая цивилизация. Следовательно, у нас пока есть возможность наблюдать лишь такие внеземные цивилизации, которые достигли очень высокого уровня развития и, во всяком случае, значительно опередили нас. Между тем фактически мы видим космические объекты, которые моложе нас¹. Если допустить, что развитие цивилизаций идет достаточно равномерно, так сказать синхронно, то нет оснований надеяться на открытие внеземных цивилизаций в нашу эпоху.

Однако не исключено, что развитие может идти и неравномерно и что могут наблюдаться где-либо в космосе высокоразвитые цивилизации, которые существенно обогнали нас в своем развитии, хотя и заметно моложе нас. Чтобы внести ясность в эту проблему, необходимо попытаться доказать тем или иным теоретическим путем, что неравномерные темпы развития космических цивилизаций возможны и закономерны.

Профессор Г. И. Покровский
Москва

¹ Возраст нашей Солнечной системы не превышает 5 млрд лет, в то время как в нашей Галактике существуют звезды на несколько миллиардов лет старше. Таким образом, рассуждение проф. Г. И. Покровского справедливо лишь для объектов, удаленных от нас на миллиарды световых лет. (Прим. ред.)

¹ «Природа», 1971, № 7, стр. 56.

В дремучем лесу названий

Ф. К. Величко
Кандидат химических наук
Москва

Вам посчастливилось что-то изобрести или открыть. Как назвать свое детище? Без названия нельзя, вещь без названия влачит какое-то двусмысленное существование: она, вроде, есть и в то же время ее как бы и нет. Немецкий астроном Вильгельм Ольберс (1758—1840), выдвинув гипотезу о существовании в прошлом планеты между Марсом и Юпитером, не удосужился ее назвать, и эта планета почти 150 лет кочевала без имени по страницам астрономических книг¹. А вот когда в 1949 г. советский астроном С. В. Орлов дал ей имя Фазтон, ею всерьез заинтересовались, посчитали и оказалось, что такой планеты, по-видимому, не было и быть не могло.

Надежнее всего присвоить открытию свое имя, пока друзья или почитатели вашего таланта не использовали ваше имя в какой-нибудь менее удачной ситуации. Вряд ли известный русский геолог А. А. Иностранцев (1843—1919) восхитился бы видом страшного ископаемого ящера, названного в его честь «иностранцевией»².

Можно отразить в названии какое-нибудь качество вашего открытия, например новизну. Открыли новый газ, называют его «неон» (от греческого «неос» — новый), а он это или не он — пусть разбираются другие! И действительно, через 5 лет после открытия Рамзаем неона, Томсон и Астон в 1913 г. высказали мысль, что он не совсем он, а смесь двух, как

теперь говорят, изотопов — неона и метанеона¹.

Если вы открыли новое вещество, можно указать на источник его получения. Например, из мяты (род *Mentha*) — ментол, из морковки (род *Daucus*) — даукарин и т. д. Однако при этом будьте внимательны! В 1915 г. исследователи Хилл и Сиркар не отважились назвать калотропином спирт, выделенный ими из лекарственного индийского растения «*Calotropis gigantes*»².

Среди всем известных названий есть и такие, которые не укладываются в обычные схемы словотворчества. Вот перед нами сочетание букв, занимающее видное место в словаре современного научного языка: рибоза, рибонуклеиновая кислота, дезоксирибонуклеиновая кислота, рибосома, рибонуклеаза... Что за «рибо» такое? Энциклопедии, обычно охотно дающие этимологию, на этот раз дружно молчат. В ботаническом словаре вы найдете, что *Ribes* — родовое название смородины, но от него производить корень «рибо» столь же ошибочно, как от слова «рыба». Ближе всего к истине вы окажетесь, разыскав в итальянско-русском словаре слово «*ribobolo*» — выдумка, шутка. В 1891 г. из арабовой кислоты, ведущей свое название от гуммиарабика, Э. Фишер и О. Пилоти получили новую, изомерную арабовой, кис-

лоту и «изомеризовали» название, переставив буквы в слове «арабовая». «Раабоновая» им не понравилась, и они заменили «аа» на «ии». Получилась «рибовая» кислота, из которой была получена рибоза¹. Так и повелось: из рибозы — дезоксирибоза, а уж от них корень «рибо» перешел в РНК и ДНК, содержащие фрагменты этих сахаров в своих молекулах.

Еще более случайно название популярного снотворного средства — веронала. Тот же Э. Фишер в содружестве с фон Мерингом в 1903 г. обнаружил у 5,5-диэтилбарбитуровой кислоты сильное снотворное действие. Препаратом заинтересовались немецкие химические промышленники, и вот в Леверкузене-на-Рейне оба ученых вкупе с владельцем завода не один час пытались придумать какое-нибудь звучное название будущему лекарству. Наконец, фон Меринг не выдержал и заявил: «Господа! Я вынужден вас покинуть. Через полчаса отходит мой поезд в Верону!» «Веронал! Веронал!» — закричал тотчас Фишер. Название было принято, и оказалось настолько удачным, что существует по сей день, хотя для этого препарата в разное время было предложено еще 31 название (да для его натриевой соли семь!)². Аналог веронала — люминалу — еще

¹ См. В. А. Бронштэн. Происхождение астероидов. «Земля и Вселенная», 1971, № 5.

² См. БСЭ, II изд., т. 18, стр. 212.

¹ См. Н. А. Фигуровский. Открытие элементов и происхождение их названий. М., «Наука», 1970, стр. 171.

² Если читателю интересно, как был назван этот спирт, пусть заглянет в «*Journal Chemical Society*», v. 107, 1915, p. 1437.

¹ Об этом авторы сами пишут в статье «О новой пентоновой кислоте», опубликованной в 24 т. «*Verichte*» — «Докладах Немецкого химического общества» — на стр. 4215.

² Библиографию относительно названия «веронал» см.: P. Lebeau, G. Courtois. *Traité de Pharmacie Chimique*. Ed. II, Paris, 1938, p. 607.

больше «повезло»; для него на потребителях было опробовано 89 названий¹. Сущее мучение для историка фармакологии! Секрет успеха, по моему, заключается не столько в звучности этих названий (хотя и это тоже не последнее дело), сколько в побочном, не всегда осознанном авторами смысле принятых слов. Ведь потребитель наверняка произведет название «веронал» не от Вероны, а от латинского (перешедшего в другие европейские языки) «verus» — истинный, верный. Кто же откажется от верного средства!

Иногда названия вводят в заблуждение. Алкалоид винерин не имеет никакого отношения к Норберту Винеру, так же как сликат пижонит — к пижонам. Всем известна царская водка — чрезвычайно едкая смесь соляной и азотной кислот. Ну, а как вы отнесетесь к «кислоте царицы»? Подумаете, что она только чуть-чуть уступает в крепости царской водке? Ничего подобного. Это очень слабая органическая кислота, названная так потому, что выделена из продуктов жизнедеятельности пчелиной матки (царицы). Хлорофилл не содержит ни единого атома хлора; роднит его с хлором только корень греческого слова «хлорос» — желто-зеленый.

Обычно ругают химиков за варварский язык, но и зоологи, оказываются, тоже не безгрешны. На стр. 571 четвертого тома (часть 1) «Жизни животных» (М., «Просвещение», 1971) мне понравилось такое название рыбного подсемейства — «лжекрючкорогоподобные» (*Pseudoblenniinae*)!

Придумывая красивое название, вы обязательно должны прислушаться к его звучанию на других языках. Американец Пиллемер, назвавший выделенную им в 1954 г. биологически активную фракцию крови «пропердином», вовсе не был хулиганом. Просто он хотел подчеркнуть разрушительную силу этого препарата, способного растворять некоторые виды бактерий и вирусов, и воспользовался для этого латинским глаголом *per-*

der — «губить», «уничтожать»¹. Препарат оказался очень интересным, стал объектом многочисленных исследований, название прижилось. И теперь оно фигурирует в заголовках статей и книг, иногда в довольно забавном сочетании.

А вот еще один пример не из области химии: жители небольшого венесуэльского городка Зараза, расположенного примерно под 65° з. д. и 9° с. ш., наверное, и не подозревают о некотором неблагозвучии этого названия с точки зрения русского языка. Ведь испанское существительное «zaraza» — это вид ситца, а прилагательное «zarazo» — означает зреющий, созревающий (о плодах).

Помимо сиюминутного значения, смысл словосочетаний имеет интересную особенность меняться во времени. Трудно себе представить, насколько некоторые научные термины изменили в русском языке свое значение за последние 200 лет. Так, в «Волфианской экспериментальной физике» — переводе, сделанном М. В. Ломоносовым в 1746 г., выражение «распущенный подонок» означало «растворенный осадок»².

Если название неблагозвучно — это еще полбеда. Хуже, когда оно превратно отражает свойства названного предмета; неправильно понятое, оно может стоить жизни потребителю. Все слышали о морских спасательных поясах. Но какой же это пояс, если его надо надевать подмышками? В статье А. Рощина, посвященной Осводу («Московский комсомолец» от 19.3.1972), рассказывается, что в конце прошлого века у западного побережья Крыма столкнулись пароходы «Владимир» и «Колумбия». Пассажиры штурмовали ящики с надписью «спасательные пояса», опоясывались, прыгали за борт... и всплывали вверх ногами. Вот какую ответственность берет на себя автор названия!

Редко, очень редко, но все же иногда название бумерангом возвращается к незадачливому автору и больно бьет его за недомыслие. Не так давно известная английская компания

«Роллс-Ройс», ныне уже обанкротившаяся, была чрезвычайно раздосадована тем, что ее новая модель автомобиля с поэтическим названием «Silver mist» — «серебряный туман» — совершенно не пользуется спросом в ФРГ. Ларчик открывался просто: английское *mist* — «легкий туман», «дымка» — в немецком просторечии звучит как «навоз» (*der Mist*), а такая продукция, даже серебряная, потребителю не нужна!

Итак, название — дело очень серьезное. Изучайте иностранные языки, товарищи! Оказавшись первооткрывателем, вы легко придумаете звучное, красивое название своему открытию с приятным смыслом на всех известных вам языках мира!

ПОПРАВКИ

В № 8 журнала «Природа» за 1972 г. под верхним фото на стр. 19 следует читать: Стоят (справа налево): Е. М. Вермель (над микроскопом), А. С. Серебровский, М. А. Арсеньева (Гептнер), Г. Мёллер, Д. Д. Ромашев, П. И. Живаго, Е. В. Лебедева, Л. Н. Сахарова; сидят: Н. Г. Савич и И. Г. Коган.

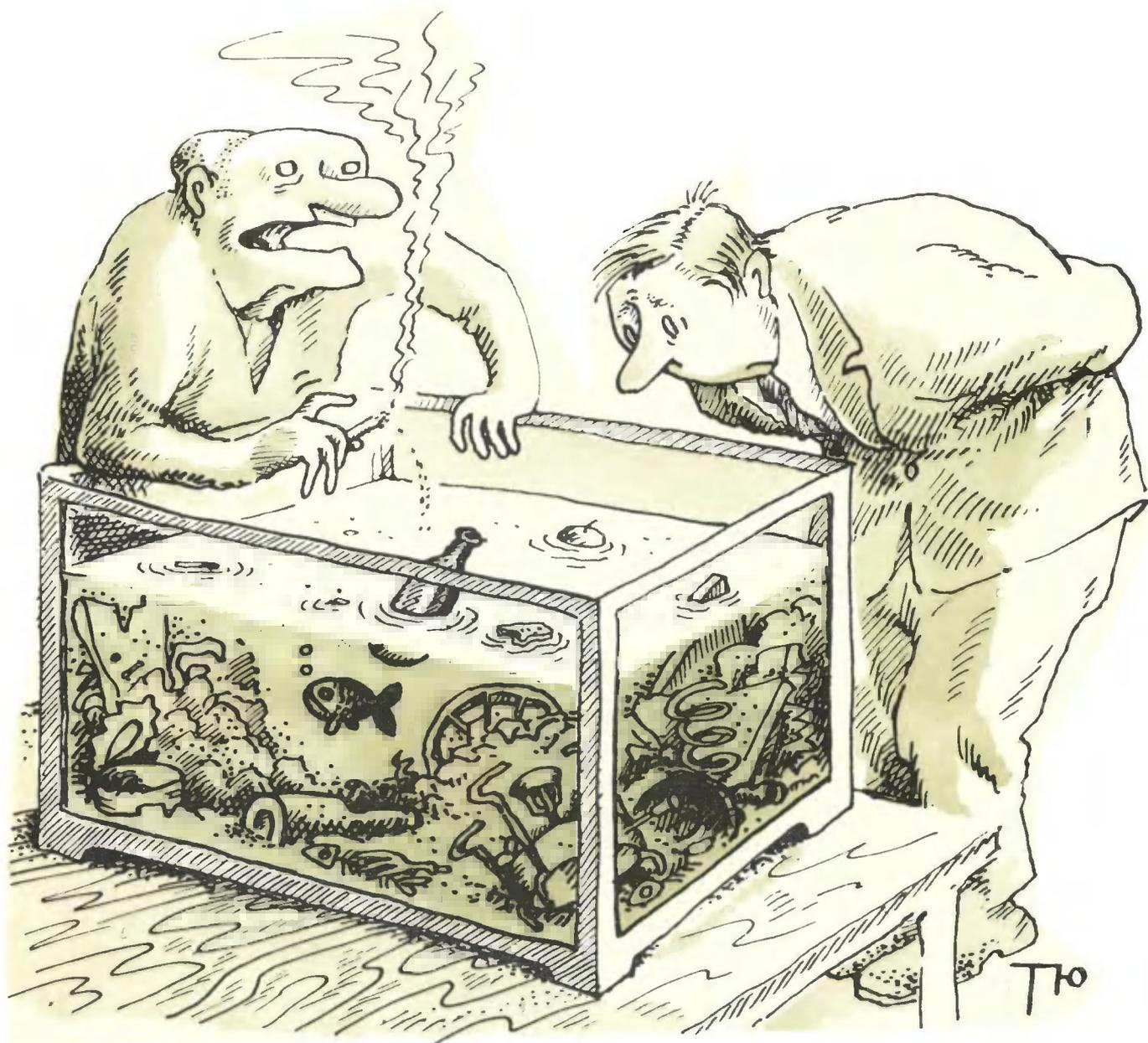
В № 10 за 1972 г. на схеме (стр. 72) из-за смещения красной краски неверно показаны периоды отложения морены.

¹ Читатель может с ними познакомиться в монографии: M. Negwer, *Organisch-Chemische Arzneimittel und ihre Synonyma*. Akademie Verlag, Berlin, 1961.

¹ См. «Science», v. 120, 1954, p. 279.

² См. М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. I, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950.

Зеркало «Природы»



— Условия для нее я создал наиболее близкие к естественным.

Рисунок С. Тюмина.

Цена 50 коп.
Индекс 70707

