

ISSN 0032 — 874X

# 11 ПРИРОДА

1980



Ежемесячный  
популярный  
естественнонаучный  
журнал  
Академии  
наук СССР

Основан в 1912 году



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
академик  
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук  
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук  
А. Г. БАННИКОВ

Академик  
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик  
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук  
А. Л. БЫЗОВ

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

Заместитель главного редактора  
В. А. ГОНЧАРОВ

Доктор физико-математических наук  
С. П. КАПИЦА

Академик  
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук  
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Академик  
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР  
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик  
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук  
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора  
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора  
доктор биологических наук  
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора  
кандидат технических наук  
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР  
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Б. ХЕСИН

Академик  
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук  
А. В. ЯБЛОКОВ



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы. Подробно о программе см.: «Природа», 1979, № 1, с. 28.

**На первой странице обложки.** Африка. Дельта Нила. Высота съемки 350 км. Снимок сделан космонавтами Г. М. Гречко и Ю. В. Романенко на борту космического комплекса «Салют-6» — «Союз». См. в номере: Сидоренко А. В. Космическое земледелие.

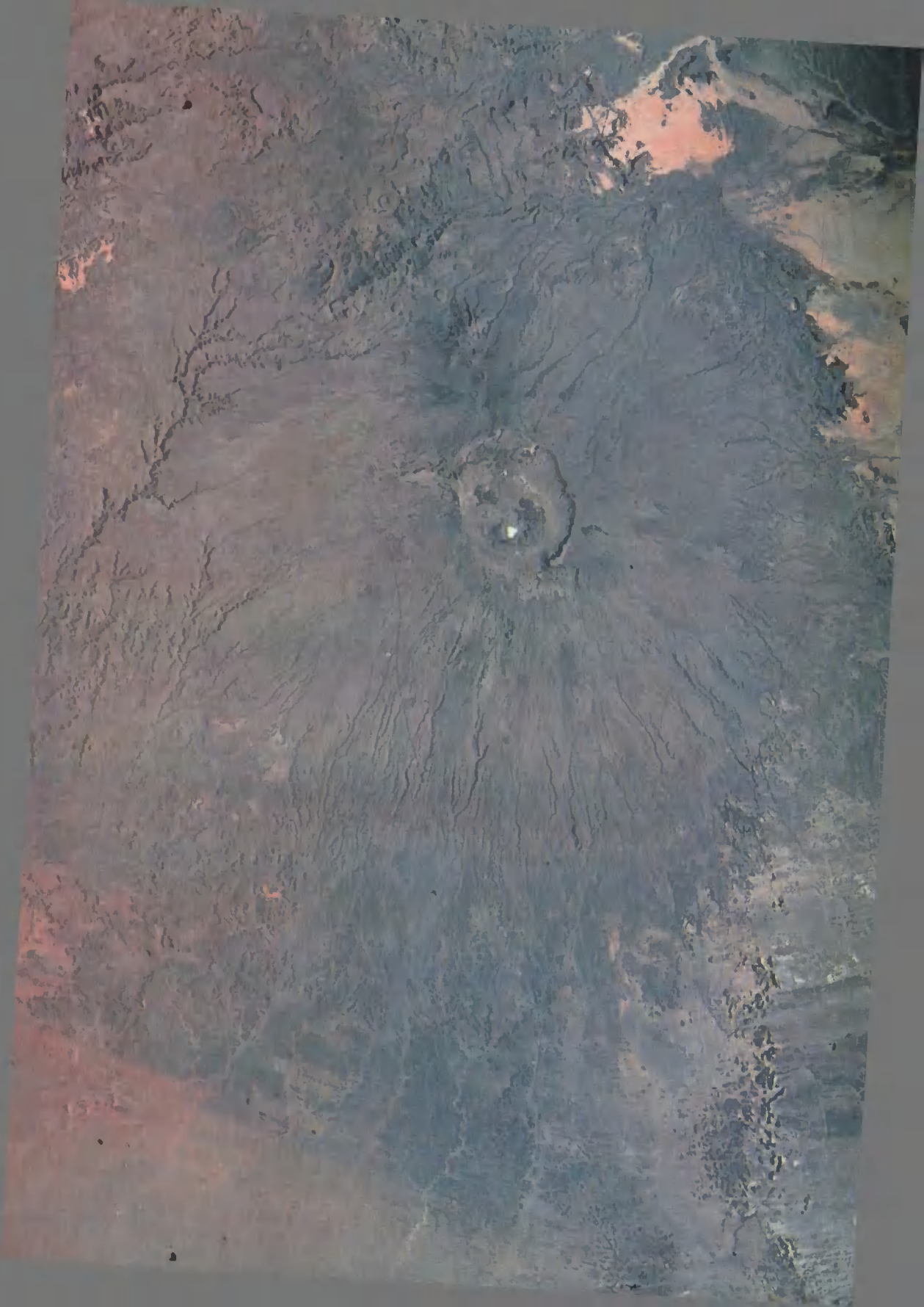
Фотохроника ТАСС.

**На третьей странице обложки.** Заболоченный лесной район в Западной Сибири. Светлые пятна на снимке — болота; темные точки и полосы на болотах — отдельные деревья и их массивы; темные пятна с точками — леса, подвергающиеся заболачиванию; сплошные темные пятна — озера. Фото из кн.: Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1977. См. в номере: Нейштадт М. Г., Малик Л. К. Прошлое, настоящее и будущее западносибирских болот.

**На четвертой странице обложки.** Система накопителей на магнитных лентах и дисках электронно-вычислительной машины ЕС-1040 фирмы ROBOTRON (ГДР). См. в номере: Гердт В. П., Ширков Д. В. Новые возможности ЭВМ — аналитические вычисления.

## В НОМЕРЕ

НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС	<b>Сидоренко А. В.</b> Космическое земледование	3
	<b>Оленин В. Б., Соколов Б. А.</b> Нефть и газ под глубинами океанов	10
	<b>Попов К. П.</b> Фисташка в Средней Азии	21
НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС	<b>Нейштадт М. И., Малик Л. К.</b> Прошлое, настоящее и будущее западносибирских болот	24
	<b>Гердт В. П., Ширков Д. В.</b> Новые возможности ЭВМ — аналитические вычисления	36
	<b>Березин И. В., Мартинек К., Смирнов В. Н., Торчилин В. П., Чазов Е. И.</b> Ферментативные детекторы слабых сигналов и перспективы их применения в медицинской диагностике	47
НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС	<b>Милановский Е. Е.</b> Альфред Вегенер и его идеи. К 100-летию со дня рождения	52
	Международное сотрудничество в области исследований космического пространства	67
	<b>Шомоди А.</b> XXIII сессия КОСПАРа	67
	<b>Михайлов О. В.</b> Магнитная релаксация в аналитической, координационной и бионеорганической химии	70
	<b>Сейбутис А. А.</b> Проблема этногенеза балтов и славян в свете палеогеографии	78
	<b>Сидоров Б. Н.</b> К 100-летию со дня рождения С. С. Четверикова	86
	<b>Четвериков С. С.</b> Воспоминания	88
	<b>Четвериков С. С.</b> Волны жизни (Из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 года)	95
КРАСНАЯ КНИГА	<b>Горелов Ю. К.</b> Большеглазый полоз	100
	<b>Кохманюк Ф. С.</b> Почему колорадский жук распространяется на восток?	103
НОВОСТИ НАУКИ		69, 104
КНИГИ, ЖУРНАЛЫ	<b>Бабков В. В., Малиновский А. А.</b> Первопроходцы отечественной генетики (122). <b>Гурский Б. Н.</b> Не слишком ли много катастроф? (125).	122
НОВЫЕ КНИГИ		127



## Космическое землеведение

А. В. Сидоренко



Александр Васильевич Сидоренко, академик, вице-президент АН СССР, директор Института литосферы АН СССР, главный редактор журнала «Исследование Земли из космоса», специалист в области литологии докембрия, проблем развития и комплексного использования минерально-сырьевой базы страны. Автор работ о генетических типах континентальных отложений пустынь, о древних корях выветривания, о земной коре как части окружающей человека среды. Развивает новое направление — литология и осадочная геология древнейших метаморфических пород. Иностраный член Академии наук ГДР, ВНР, НРБ. Почетный доктор Горно-металлургической академии ПНР, Президент Всесоюзного минералогического общества, Лауреат Ленинской премии. В «Природе» опубликовал статьи: Осадочная геология докембрия (1976, № 6); Встречи с Д. С. Белянкиным (1977, № 8); За международное научное сотрудничество в Тихоокеанском регионе (1980, № 8).

Когда ушли в полет первые космические корабли, естествоиспытателям, занимающимся земными природными процессами, и даже тем из нас, кто владел различными дистанционными аэрологическими методами изучения Земли, казалось, что космонавтика — это область физико-математических и технических наук. Мы тогда еще мало представляли, что космические полеты окажут такое большое влияние на естественные науки. Однако прошло совсем немного времени, и мы увидели, какое огромное значение имеют космические исследования для современной географии, геодезии и картографии, геологии, метеорологии, океанологии, изучения водных ресурсов, исследования растительного покрова, агрономии, экологии и многих других направлений научной и хозяйственной деятельности. Короче говоря, результаты полетов космических аппаратов — и пилотируемых и работающих в автоматическом режиме — оказывают существенное влияние на все науки о Земле.

Исследования из космоса различных природных явлений, объектов и процессов дали так много принципиально нового для естественных наук, что мы можем говорить о новом этапе их развития. Появляются такие новые понятия, как космическое картографирование, космическая геология, космическая океанология, космическая гидрология суши и т. п. Этим самым подчеркивается, что космические исследования приводят к коренным преобразованиям естественных наук. Однако влияние новой техники сказывается не только на каждой отдельно взятой естественной науке, но и на всем естествознании в целом.

Большая обзорность поверхности Земли из космоса и одновременность наблюдения ее при разных физических состояниях открывают исследователю ряд новых явлений. Прежде всего появилось то, что мы теперь называем эффектом интеграции признаков, т. е. при наблюдении из космоса отдельные разрозненные элементы на поверхности Земли приобретают определенную закономерность в размещении. Появилась возможность как бы просматривать глубины суши и океана из космоса. Существенное значение для исследований имеет возможность одновременно наблюдать быстро протекающие процессы в атмосфере, гидросфере, почвенно-растительном покрове Земли. Все

Африка. Древний кратер вулкана. Высота съемки 350 км. Снимок сделан космонавтами Г. М. Грачко и Ю. В. Романенко на борту космического комплекса «Салют-6» — «Союз». Фотохроника ТАСС



Очаги лесных пожаров и выгоревших участков растительности в Западной Сибири.

Снимки со спутников системы «Метеор», опубликованные в журнале «Исследование Земли из космоса», 1980, № 2.



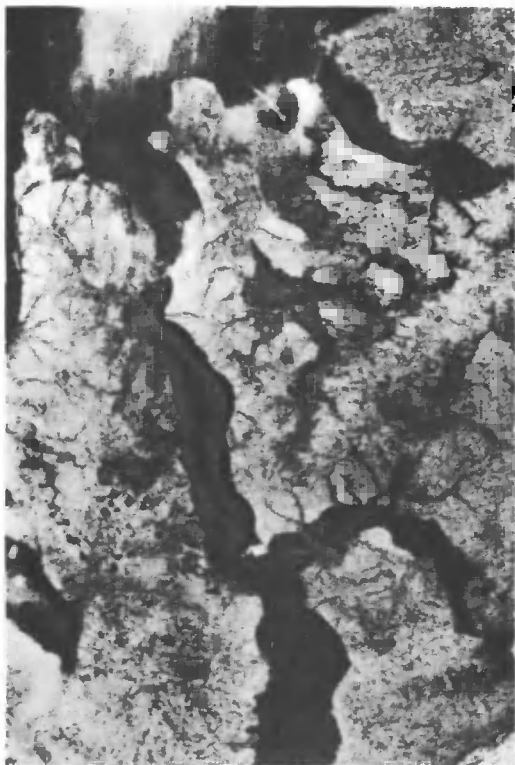
Вынос мутных вод в Черное море. Снимок может быть использован для оценки поступления наносов.

это создает новые благоприятные предпосылки для развития естествознания методами дистанционного зондирования Земли из космоса. Естественные науки приобретают новый характер, ибо космонавтика дает новые методы познания, открывает новые горизонты развития науки, дает возможность перейти от описательного выражения фактов и явлений к точным качественным и количественным оценкам. Мы вправе теперь говорить о космическом природоведении и космическом землеведении.

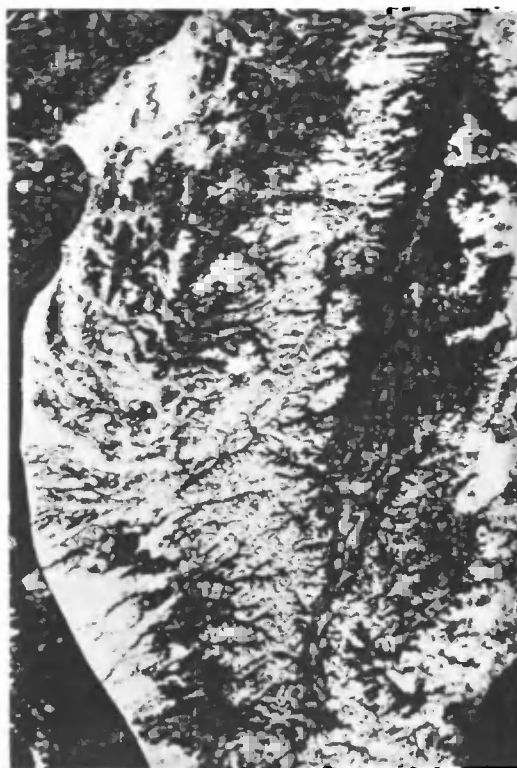
Новый этап развития естествознания неслучаен. Он подготовлен всем ходом развития науки и техники. В целом условия перехода естествознания в новое состояние можно сформулировать следующим образом.

1) Человек или созданная им аппаратура для исследования вышли за пределы Земли; планомерно осваивается околоземное космическое пространство, регулярно посылаются экспедиции к другим планетам. Появилась возможность посмотреть на Землю обзорно со стороны, охватить ее одним взглядом. Это убедительно показало, как мала наша Земля во Вселенной и насколько неравномерно она освоена человеком, как ранима природа и как важно теперь новое развитие естествознания.

2) В свою очередь, уровень развития естественных наук ныне стал другим. Естественные науки уже давно перешли от инвентаризации и описания отдельных явлений и процессов природы к установлению общих для данной науки законов раз-



Обская губа. Благодаря четкому изображению гидрографической сети, снимок может использоваться для уточнения общей площади бассейна водосбора, густоты и протяженности сети малых рек.



Центральная Камчатка. Хорошо видна гидрологическая сеть и крупные разломы земной коры. Снимок использован для выявления геологических структур района.

вития природного объекта. Резко увеличилось количество приборов в науках о Земле, и все большая информация выражается числом и мерой.

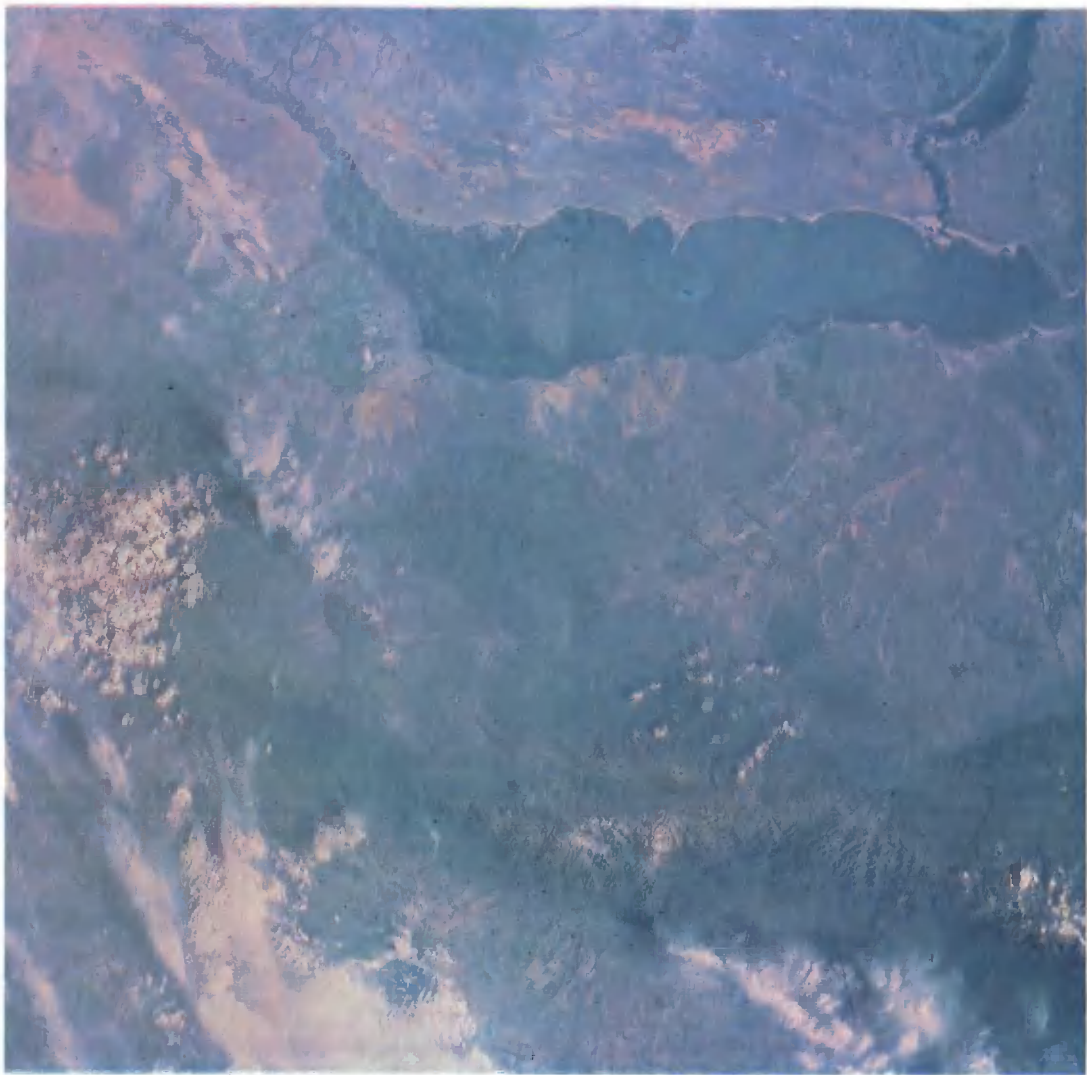
3) Получаемая в результате информация достигает такого масштаба, что она может быть обработана только новыми автоматизированными средствами с использованием математических методов. Это дает возможность быстро оперировать большими объемами знаний.

4) Человечество начинает все более осознавать ограниченность природных ресурсов планеты Земля и вместе с тем испытывает все более возрастающую потребность в них. Отсюда необходимость так брать от природы, чтобы в максимальной степени удовлетворять потребности и при этом нанести ей минимальный ущерб.

Все это, вместе взятое, выдвигает новые задачи перед естествоиспытателями, требует осмыслить современный этап развития естествознания на новом рубеже развития человеческой мысли. Нам представляется, назрела пора поднять на новый уровень наши науки о Земле, и в частности такую комплексную науку, как земледование.

Раньше под земледованием<sup>1</sup> понимался раздел физической географии, изучающий географическую оболочку Земли в наиболее общих особенностях ее состава, структуры и развития. Однако быстрое развитие естественных наук в конце прошлого

<sup>1</sup> Термин введен немецким географом К. Риттером (1779—1859)



Оз. Зайсан в Восточном Казахстане. Высота съемки 350 км. Снимок сделан на борту космической станции «Салют-4» космонавтами П. И. Климчуком и В. И. Севастьяновым.

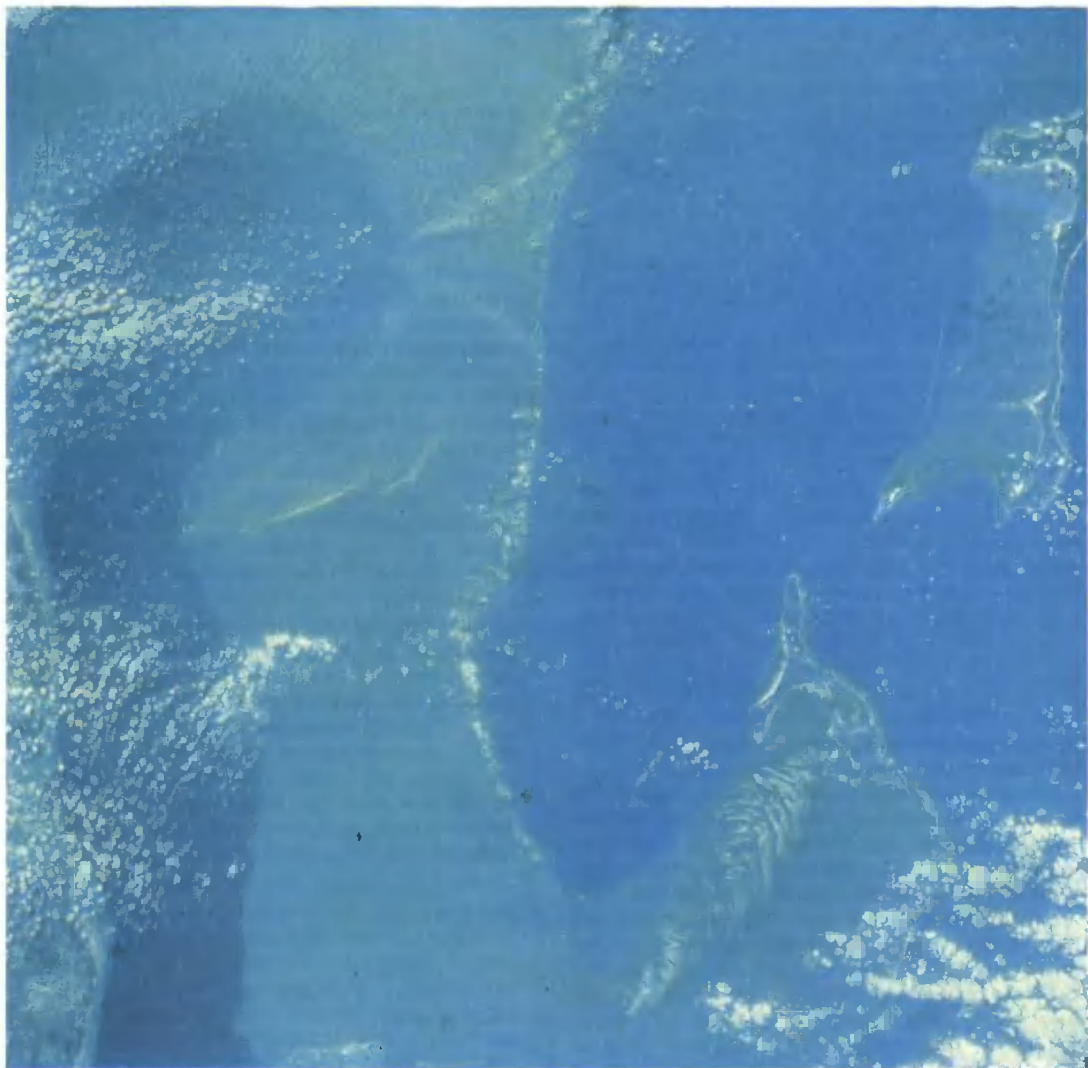
Фотохроника ТАСС

и первой половине этого века привело к их большой дифференциации и нарушило связи внутри наук. Естествознание лишилось возможности рассматривать многие земные явления в целом. А ведь наша планета развивалась на протяжении 3,5 млрд лет как единое целое — с ее атмосферой, гидросферой, литосферой и биосферой. Космический обзор Земли дал нам возможность рассматривать природ-

ные тела, процессы и явления как единое целое во взаимосвязи и взаимообусловленности естественных процессов, т. е. вернуться к землеведению, однако уже на новой основе — к космическому землеведению. Под этим мы понимаем раскрытие космическими методами природных процессов планеты Земля в их взаимосвязи, взаимообусловленности и диалектическом единстве и противоречии.

Космическое землеведение изучает дистанционными методами взаимосвязь и взаимозависимость явлений и процессов, проходящих в атмосфере, биосфере и литосфере Земли. Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что космическое землеведение предполагает единство дистанционных





Саргассово море в районе о-вов Андрос. Высота съемки 350 км. Снимок сделан космонавтами Г. М. Гречко и Ю. В. Романенко на борту космического комплекса «Салют-6» — «Союз».

Фотохроника ТАСС

и контактных методов. Явления, установленные из космоса, непременно должны быть подтверждены исследованиями на Земле. В приложении к изучению природных процессов на Земле в обиход вошел довольно емкий термин — «наземно-космическая этажерка». Он включает в себя комплекс исследования Земли из космоса, с высотных и низколетающих аппаратов, а также дешифрирование полученных изоб-

ражений; сопровождающееся при необходимости геофизическими и буровыми исследованиями глубин континента, а для океана — комплексом глубинного зондирования водной оболочки.

Космическое земледование — это не космическое природоведение. Последнее мы понимаем как науку более широкую, включающую в себя не только Землю, но и всю природу в целом. Космическое земледование, как нам представляется, — одна из фундаментальных наук о земных процессах, направленных в конечном счете на удовлетворение нужд человечества.

Как и каждая наука, космическое земледование имеет свои методы и цели

исследований. Как уже сказано, главным методом исследования космического земледования является сочетание всего многообразия дистанционных методов с наземными исследованиями.

Цели новой науки нам представляются в общем виде следующими.

Интеграция закономерностей всех естественных наук о Земле (космической геологии, океанологии, географии, экологии и т. п.) для установления закономерностей общих процессов, проходящих в атмосфере, гидросфере, литосфере, биосфере Земли, раскрытие взаимосвязи и взаимообусловленности этих процессов и явлений. Бесспорно, что в дальнейшем формулировке целей, задач, как и сами методы исследования, будут уточняться и развиваться.

Поаяню эту мысль. Чем дальше продвигается космическое земледование, тем больше мы начинаем понимать взаимосвязь между глубинными процессами, протекающими в недрах Земли или океана, с процессами, проходящими на их поверхности, тем все больше мы убеждаемся, что поверхность Земли, а также, по-видимому, и океана, отражает глубинные процессы, проходящие в недрах планеты и предопределенные всем ходом длительной эволюции земной коры.

Мы начинаем не только понимать взаимосвязь между природными явлениями на Земле, но и ранжировать (классифицировать) их по степени важности, взаимозависимости и приоритетности.

Можно было бы привести немало примеров этой взаимосвязи и взаимозависимости. Опираясь на свой геологический опыт, я приведу только один пример зависимости геологического строения рельефа, почв, растительности, водного режима поверхности от глубинных процессов в недрах Земли.

Давно уже установлено, что литосфера Земли имеет глыбовое строение, состоит из отдельных блоков разного ранга. Глыбовые поднятия, возникшие в результате глубинных тектонических процессов, определяют геоморфологические особенности поверхности Земли, ее рельеф, почвенный и гидрологический режим, а вслед за этим — распределение растительности и биогеоценозов. Это прекрасно выражено во взаимосвязи растительного покрова Земли с почвенными, гидрогеологическими и геологическими структурами каждого крупного блока Земли. Такая зависимость доказана для Субарктики, тайги, Сибири, пустынь Средней Азии, равнин европейской части страны. Причинно-след-

ственная зависимость между двумя диалектически противоречивыми процессами: глубинными эндогенными в недрах Земли и процессами, обусловленными климатическими условиями, которые отражаются в характере рельефа, в почвах, влажности, растительности, — устанавливалась и раньше. Но особенно ярко она обнаруживается благодаря космическим исследованиям.

Например, на карте разломов на территории СССР хорошо видно, что гидрографическая сеть континентов — прямое следствие глубинных геологических процессов, проходящих в недрах планеты. Руслу рек, особенно крупных, — это отражение разломной тектоники Земли. Все крупные реки текут по зонам разломов. В некоторых разломных зонах располагаются сейсмоактивные районы. Многие крупные озера возникают на месте опусканий крупных блоков. Горы — результат интенсивных тектонических процессов, складчатости и поднятий, т. е. глубинных процессов. Значительные площади равнин, а иногда и болот образуются на отдельных блоках Земли, имеющих длительное устойчивое положение.

Рельеф Земли обусловлен взаимодействиями внешних и внутренних сил Земли. Климатические условия, накладывающиеся на рельеф, определяют распределение влаги, растительности, т. е. то, что называется ландшафтом.

Связь между геологическим строением отдельных участков Земли, обусловленная геологическими процессами, рельефом поверхности, созданным сочетанием эндогенных и экзогенных процессов в определенных природно-климатических зонах, распределением вод суши, распределением растительного и животного мира, в общем виде известно давно. Но на открытии ее ушло несколько десятилетий работы больших коллективов естествоиспытателей, а космический взгляд, космические изображения дают возможность осознать эту закономерность за несколько десятков витков вокруг Земли. Теперь эту общую закономерность связи разных элементов поверхности Земли нужно разрабатывать, детализировать и искать внутри ее новые количественные и качественные закономерности на новой основе космической информации, в виде фото или другого изображения всех этих элементов ландшафта.

Не исключена возможность, что мы скоро обнаружим связь между физическими свойствами Земли и распределением

атмосферных явлений на ее поверхности. Статистические данные о частоте повторяемости облачности разной степени интенсивности в определенных частях Земли — пустынях, полярных и горных областях и даже зонах разломов и зонах с аномальной гравитацией — уже начинают накапливаться. Установление связей атмосферных явлений с геологическими структурами и климатическими зонами вполне вероятно, поскольку космические исследования позволяют изучить протекающие одновременно и быстро процессы, а автоматизированные

казывает необходимость разработки космических методов в приложении к сельскому хозяйству, мелиорации, рыбному хозяйству.

Космическое землеведение видится мне как наука, состоящая из двух-трех ярусов знания, в основании ее находятся классические земные науки — геология, география, экология, океанология и т. д. На следующем этапе эти науки приобретают космические методы и становятся космическими геологией, географией, экологией, океанологией. Интеграция выводов



системы обработки дают возможность быстро обрабатывать большие массивы информации.

Примеров, доказывающих полезность космических методов изучения Земли, достаточно. Пора от отдельных примеров переходить к планомерным комплексным исследованиям природных явлений и процессов. Нам представляется, что здесь открываются большие возможности. Автоматизированная обработка космических изображений с применением математических методов дает возможность выразить математическим языком соотношение между различными элементами лика Земли и показать роль геологических, геоморфологических, биогеологических и других процессов, которые создали современную поверхность Земли. А от количественных оценок того или иного природного явления на поверхности мы можем переходить к оценке скорости его прохождения и продолжительности, т. е. в конечном счете получить уравнения природных процессов, раскрыть их закономерность, наметить прогнозы.

Такой мне представляется главная цель космического землеведения. Я, как геолог, рассматривал новое направление в естествознании — космическое землеведение — главным образом с позиций геолога, искал связь между геологическими, почвенными, биологическими процессами. Но возможны постановки и других, не менее крупных и важных задач. Опыт по-

этих отдельных космических земных наук дает новое научное направление — космическое землеведение, которое становится вершиной пирамиды наук о Земле.

Было время, которое называли временем великих географических открытий. Благодаря космонавтике, развитию космических исследований Земли и Вселенной, нам кажется, нужно говорить о веке космического землеведения, которое даст нам еще немало новых крупных открытий. Мы вступаем в век великих космических открытий в природе.

Закончить мне хочется тем, с чего начал. Начиная осваивать космос, мы считали, что это, прежде всего, техническая проблема, но время показало: космонавтика — это не только дитя научно-технической революции. Космонавтика сама положила начало революции в естествознании. Таким образом, на новом этапе сливаются в единый процесс познания технические и естественные науки, и в этом нам видится большое будущее развития человеческой мысли.

Космонавтика почти во всех направлениях человеческого знания производит ныне такие коренные изменения, что есть все основания говорить о космической революции в технике и науке. Мы, вероятно, еще не в полной мере осознали тот новый этап познания, на который выводит нас космонавтика, и не сделали еще соответствующих выводов.

## Нефть и газ под глубинами океанов

В. Б. Оленин, Б. А. Соколов



Владимир Борисович Оленин, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. В течение многих лет занимается вопросами формирования и распространения нефтяных и газовых скоплений в земной коре, а также проблемой нефтегеологического районирования. Автор многих печатных трудов по региональной нефтяной геологии. В «Природе» опубликовал статью (совместно с Б. А. Соколовым): «Новый» механизм образования нефти и газа? (1975, № 9).



Борис Александрович Соколов, доктор геолого-минералогических наук, профессор той же кафедры, специалист в области региональной и поисковой нефтегазовой геологии. Автор многих работ по геологии и нефтегазоносности различных континентальных и морских регионов. Неоднократно публиковался в «Природе».

Мировые потребности в нефти и газе непрерывно растут, а запасы их в известных месторождениях постепенно истощаются. Чтобы изменить эту диспропорцию, принимаются самые энергичные меры: на суше наращиваются глубины поискового бурения, предпринимаются попытки повысить коэффициент извлечения нефти на уже открытых месторождениях, активизируются поисковые работы в трудных для освоения областях (например, в тех, где осадочный чехол особенно велик). И, конечно же, большие надежды связаны с обширными площадями земного шара, покрытыми водами морей и океанов.

В 1979 г. морские месторождения нефти и газа были открыты в акваториях более 60 стран, из которых около

40 уже эксплуатируют такие месторождения. Добыча подводной нефти в 1972 г. составляла 16,6% ее мировой продукции, в 1973 г.— 17,2%, а сейчас достигла 23%.

Уровень современной техники позволяет изучать морское дно практически на любых глубинах и при любых климатических условиях. Нефтяное поисковое бурение проводится у берегов Австралии, Африки, Северной Америки при глубине моря свыше 1,2 км. В Канадском арктическом архипелаге для разведки морских газовых и нефтяных месторождений пробурены первые скважины с ледового покрова.

Успехи геологов-нефтяников в подводных регионах несомненны. Однако, отмечая их, было бы ошибочным не учи-

тивать связанных с освоением этих регионов неудач. Наиболее заметны они стали в последнее десятилетие, когда достигшее очень широких масштабов нефтепоисковое морское бурение в целом ряде районов не дало существенных результатов. В связи с этим перспективы нефтегазонасности подводных областей, характеризовавшиеся в начале 70-х годов как весьма высокие, за последнее время неоднократно оценивались не столь оптимистично.

Некоторая настороженность обусловлена, в первую очередь, высокой стоимостью освоения подводных месторождений, резко возрастающей с увеличением глубин. Например, на недавно осуществленное бурение каждой из пяти поисковых скважин у берегов Таиланда, где глубина моря около 1 км, ежедневно расходовалось более 100 тыс. долл.

#### КРИТЕРИИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НАЛИЧИЕ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Оценка перспектив нефтегазонасности Мирового океана — задача достаточно ответственная, причем решение ее осложняется малой изученностью подводных областей океанов и морей за пределами шельфа. В этих областях, именуемых в целом глубоководными, пробурено уже более 400 научно-исследовательских скважин. Однако плотность бурения все еще составляет здесь примерно одну скважину на 1 млн км<sup>2</sup>. Поэтому в своих предположениях мы будем опираться на опыт освоения нефтегазовых ресурсов суши. А он показывает, что содержащие залежи нефти и газа регионы обладают совокупностью определенных нефтегеологических качеств.

В таких регионах обязательно присутствуют материнские осадочные отложения<sup>1</sup>, в которых образуются жидкие и газообразные углеводороды. Для их возникновения необходимо, чтобы материнские отложения погрузились и были захоронены под более молодыми слоями. Это приводит к постепенному уплотнению осадков, их превращению в породы и, если можно так сказать, термическому созреванию. На ранних стадиях процесса возникают газообразные углеводороды, затем (при достижении глубины 2—3 км и

температуры свыше 60—70°) начинается широкое формирование жидких углеводородов.

Для образования залежей нефти и газа из рассеянных углеводородов требуется, чтобы они попали в обладающие достаточной пористостью и проницаемостью породы, именуемые коллекторами, которые наиболее широко представлены песчаниками и известняками. Формирование залежей предусматривает перемещение рассеянных углеводородов по насыщенным водой коллекторам до ловушек — участков, где коллекторы перекрыты плохо проницаемыми отложениями (солями, глинами). Строение этих плохо проницаемых (экранирующих) отложений благоприятно для накопления нефти и газа. Таким образом, перспективными для поисков нефти и газа можно считать лишь те регионы, независимо от их расположения на суше или под водами морей и океанов, которым присущи перечисленные признаки.

В распределении осадочных толщ под водами морей и океанов, с которыми можно связывать надежды на нефтегазонасность, есть свои особенности. Обусловлены они, главным образом, строением дна Мирового океана. В его пределах принято различать следующие три основных элемента: 1) область, включающую подводную окраину континентов, в том числе шельф, континентальный склон и его подножие; 2) переходную область, объединяющую глубоководные желоба, островные дуги, впадины между ними, а также глубокие котловины окраинных морей; 3) внутреннюю часть, состоящую из абиссальных равнин, срединно-океанических хребтов и внутритропических блоковых поднятий. Соотношение площадей этих трех элементов показано в таблице:

Основные элементы дна Мирового океана	Площадь, млн км <sup>2</sup>
подводная окраина континентов (в том числе шельф)	78,0 (21,6)
переходная область	35,3
внутренняя часть Мирового океана	248,0

Среди перечисленных структурных элементов особое положение занимает шельф. Высокая нефтегазонасность его к настоящему времени надежно доказана открытием целого ряда месторождений,

<sup>1</sup> Осадочные отложения расцениваются как материнские, если содержание в них рассеянного органического вещества превышает 0,5% (в пересчете на органический углерод).

многие из которых заключают очень крупные запасы нефти и газа. Богатые нефтью и газом участки шельфа обычно являются подводным продолжением нефтегазовых бассейнов суши.

### НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН

За пределами шельфа подводные окраины континентов образованы континентальным склоном и его подножием.

Глубинное положение этих элементов возрастает в сторону океана от сотен метров до 5—6 км. Такое строение отмечается для основной части континентальных окраин Австралии, Африки и Антарктиды, восточных окраин Северной и Южной Америки, западной окраины Европы, южной окраины Азии в пределах Индостана, северных окраин Евразии и Северной Америки. Сюда же следует отнести окраины вдоль западного побережья Северной Америки — от арх. Александра на севере до п-ова Калифорния на юге.

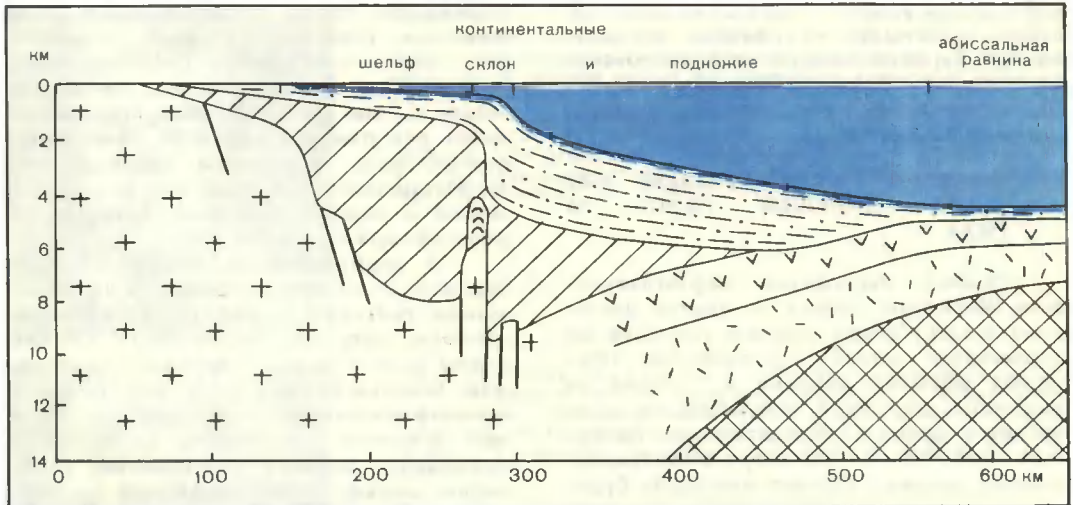


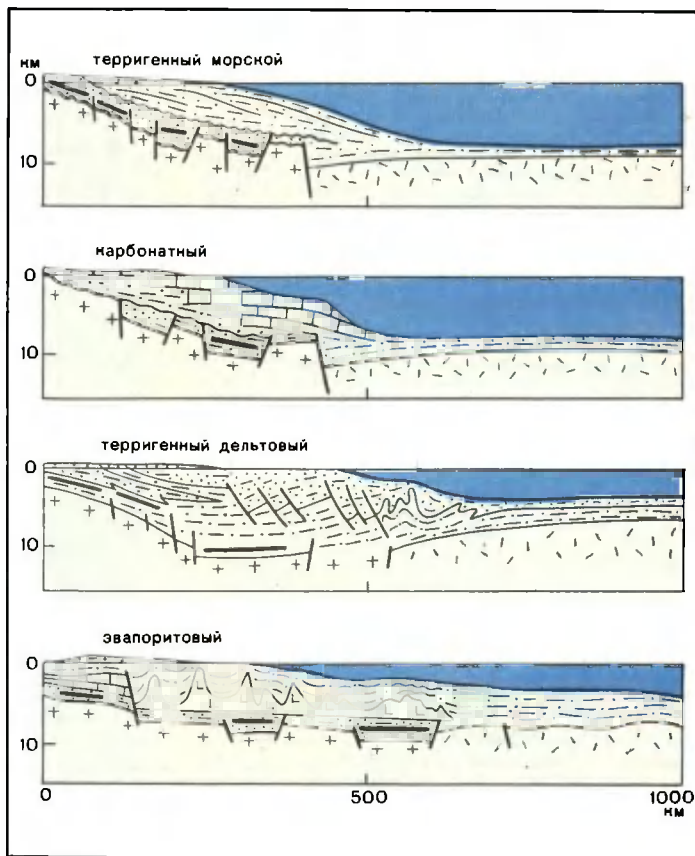
Схема строения подводной континентальной окраины. Осадочные образования представлены двумя «этажами»: верхний — рыхлые и слабо уплотненные осадки, нижний — осадочные породы. Осадочные породы заполняют прогибы под шельфом, континентальным склоном и его подножием. Именно в породах нижнего «этажа» заключены месторождения нефти и газа.

- «гранитный» слой
- «базальтовый» слой
- лавы с прослоями осадочных пород
- мантия
- рыхлые и слабо уплотненные осадки
- осадочные породы
- рифы

Рассматриваемые подводные элементы окраин континентов имеют достаточно сложное геологическое строение. В их поперечном сечении выделяются две системы заполненных осадочными отложениями прогибов: внутренняя и внешняя. Первая располагается под шельфом и верхней частью континентального склона, а вторая — под континентальным склоном и его подножием. Эти системы прогибов разграничены узкой зоной погребенных блоковых поднятий, которые расположены под тем местом, где на глубине сочленяются земная кора континентального и океанического типов.

Прогибы внутренней и внешней системы следует рассматривать в качестве периконтинентальных осадочных бассейнов. Отложение осадков, формирующих такие бассейны, происходило в условиях дробления блоков континентальной коры, их раздвигания и погружения. Все это обеспечивало снос терригенного материала с континента (песчано-глинистые отложения) или приводило к внутрибас-

Типы осадочных бассейнов подводных окраин континентов [по Р. Беку, 1972]. Главными факторами, определяющими литологический тип, послужили состав осадков и условия их накопления.



сейновой морской карбонатно-эвапоритовой седиментации (образованию известняков, солей). Выделяют несколько типов периконтинентальных осадочных бассейнов по литологическому составу формирующих их отложений: терригенный дельтовый, терригенный морской, карбонатный и эвапоритовый. Общая мощность осадочных отложений в рассматриваемых бассейнах может достигать 10 км; возраст их обычно мезозойский и кайнозойский.

В разрезе осадочных отложений периконтинентальных бассейнов выделяются две части или, как принято говорить, два «этажа». Верхний из них представлен осадками, а нижний — осадочными породами. В этом нижнем «этаже» присутствуют мощные комплексы нефтематеринских отложений, горизонты песчаных и карбонатных коллекторов, соляных и глинистых флюидоупоров. Вертикальные и горизонтальные движения, происходящие в пределах континентальных подводных окраин, способствуют возникновению

ловушек, в которых могут собираться нефть и газ.

Перспективы нефтегазоносности верхнего и нижнего «этажей» резко различны. Это определяется неодинаковыми условиями формирования и пространственным положением слагающих их слоев, а тем самым — разной степенью термической преобразованности заключенного в них органического вещества.

Верхний «этаж» сформирован рыхлыми и слабо уплотненными осадками, как правило, глубоководного генезиса, а нижний — осадочными породами, отлагавшимися в относительно мелководных условиях, аналогичных шельфовым. Отсюда следует важный вывод о том, что современные глубоководные окраины континентов первоначально представляли собой мелководные морские бассейны и лишь затем в результате дробления края материков оказались погруженными на современные глубины.

Поскольку комплекс осадочных пород шельфа во многих его районах содер-

Распространение блоковых поднятий в Мировом океане. Бурением в их пределах установлено, что в состав изолированных блоковых поднятий входят мощные толщи осадочных пород, отлагавшихся в мелководных условиях и, следовательно, перспективных для поисков нефти и газа. На рисунке показаны и другие скважины, пробуренные в глубоководных областях (уже за пределами блоковых поднятий) и достигшие указанных осадочных толщ.



жит крупные залежи нефти и газа, уже само по себе присутствие осадочных пород нижнего «этажа» свидетельствует о перспективах нефтегазоносности периконтинентальных осадочных бассейнов. Тем более, что отложения нижнего «этажа» находятся в условиях действия температур (свыше  $60^\circ$ ), достаточных для нефтеобразования.

Данные предположения подтвердились первыми успешными результатами глубоководного бурения пород нижнего «этажа» в пределах континентального склона у западного побережья Ирландии (бассейн Поркьюпайн) и у восточных берегов Северной Америки в районе Балтиморского подводного каньона (бассейн Блейк), а также в некоторых других областях.

Нефтегазоносный бассейн Поркьюпайн на западе ограничен одноименной банкой, представляющей собой погруженный континентальный отторженец, а на востоке — ирландским шельфом. Длина бассейна 120, ширина 240 км. Он покрыт водами Атлантического океана, глубина которого в пределах бассейна меняется от 180 до 900 м. Мощность осадочных отложений в этом бассейне достигает 4,5 км. В нижней части (1,5 км) они представлены мелководными песчаниками и глинами пермского, триасового и юрского возраста, перекрытыми карбонатными и эвапоритовыми породами (до 1 км) мелового — раннепалеогенового возраста. Верхняя часть разреза осадочного чехла слагается рыхлыми



терригенными осадками палеогена-неогена (до 2 км). В структурном отношении бассейн Поркьюпайн является грабенем. В двух скважинах, пробуренных здесь при глубине моря около 400 м, получены крупные притоки нефти из пород мезозойского возраста.

В районе бассейна Блейк в юрских породах обнаружены газ и газоконденсат, а в нижнемеловых песчаниках — нефть. Эти продуктивные горизонты вскрыты на глубинах 4 и 2,5 км (считая от поверхности осадочного чехла).

Характеризуя возможность обнаружения залежей нефти и газа в верхнем





но при бурении целого ряда скважин Предпосылкой для возникновения здесь ловушек является, в первую очередь, наличие песчаных линзовидных коллекторов и прослоев песка в составе антиклинальных складок, возникших в процессе подвижек блоков фундамента.

Приведенные факты позволяют, казалось бы, положительно оценить перспективы нефтегазоносности верхнего «этажа» осадочного чехла на континентальном склоне и его подножии. Однако возможность такой оценки резко снижается невысокой степенью преобразованности органического вещества, заключенного в отложениях, формирующих этот «этаж».

Все пройденные скважинами рыхлые и слабоуплотненные отложения верхнего «этажа» осадочного чехла оказались термически «незрелыми». Это не исключает формирования в них газообразных углеводородов, но жидкие углеводороды в таких условиях образоваться не могли. Следует, правда, иметь в виду, что мощность рыхлого и слабо уплотненного слоя местами очень значительна (до 2—3 км, а на склоне континентальной окраины между Карачи и Бомбеем даже до 5 км). Следовательно, можно предположить, что глубоким горизонтам этого слоя, еще не достигнутым бурением, свойственны температуры, допускающие достаточно широкое формирование жидких углеводородов. Однако, даже если такой процесс реален, механизм их миграции в пределах всего указанного слоя совершенно неясен. Надо также учитывать, что формирование ловушек предусматривает, помимо благоприятного строения самих коллекторов, наличие надежных пород-экранов, на существование которых в разрезе рыхлых отложений трудно рассчитывать.

Определенным своеобразием строения отличается глубоководная область западной континентальной окраины Южноамериканского материка, а также северная и южная части западной окраины Северной Америки. В этих регионах континентальный склон достаточно узок (до нескольких десятков километров) и переходит непосредственно в глубоководные желоба — Гватемальский, Перуано-Чилийский и Алеутский. Масштабы нефтегазоносности континентального склона, которые определяются, как уже отмечалось, объемом нижнего «этажа» осадочного чехла, вряд ли могут быть значительными, поскольку склон здесь крайне узок.

Сказанное, очевидно, усугубляется

тем обстоятельством, что, в отличие от остальных континентальных окраин, крутизна склона в рассматриваемых регионах с глубиной возрастает. Для склона, переходящего в Перуанско-Чилийский желоб, это отмечается уже с глубиной около 1800 м, а крутизна нижней части склона, примыкающего к восточному краю Алеутского желоба, достигает 30°. Такой профиль склона способствует, скорее, не аккумуляции осадочного материала, а его транспортировке в примыкающие глубоководные желоба.

#### НА ЧТО МОГУТ РАССЧИТЫВАТЬ НЕФТЯНИКИ ВО ВНУТРЕННЕЙ ЧАСТИ МИРОВОГО ОКЕАНА?

С точки зрения нефтегазоносности отложения абиссальных равнин можно характеризовать либо как вообще бесперспективные, либо, деля некоторую скидку на недостаточную изученность, оценивать эти перспективы как крайне незначительные. Данные отложения в общем маломощны, им свойственно низкое содержание органического вещества, очень слабое распространение коллекторов и возможных ловушек в силу близкого к горизонтальному залеганию отложений. По сведениям Х. Хедберга и других исследователей, в разрезах только 40 из всех 236 скважин, пробуренных в этой структурной зоне, обнаружены прослойки песков, причем в большинстве случаев маломощных и с плохими коллекторскими свойствами.

Вместе с тем следует иметь в виду, что крупнейшие реки нашей планеты (Инд, Ганг, Брахмапутра, Амазонка, Парана, Конго и др.) формируют конусы выноса, распространяющиеся в океан на сотни километров через шельф, континентальный склон и его подножие в пределы абиссальной равнины.

Мощность песчано-глинистых отложений, образованных обломочным материалом, поставляемым реками, достигает в пределах конусов выноса нескольких километров. Осадочные отложения этих конусов потенциально нефтегазоносны. Детальное их изучение, по-видимому, позволит выявить участки, благоприятные для накопления углеводородов. Сказанное в какой-то мере касается и частей глубоководных конусов выноса, расположенных в пределах абиссальной равнины.

Нельзя также упускать из виду, что, по данным глубоководного бурения, в составе второго океанического слоя ложа

Мирового океана, помимо вулканических пород базальтового типа, присутствуют осадочные породы. Не исключено, что в этой связи оценка перспектив нефтегазонасности абиссальных равнин может быть менее пессимистичной.

В последние годы значительное внимание уделяется обнаруженным в неуплотненных глубоководных отложениях Мирового океана газогидратам. Они представляют собой твердые кристаллические вещества, которые возникли при низких температурах и давлениях за счет присоединения воды к метану биохимического происхождения. Ученые, их исследовавшие, считают, что потенциальные запасы «твердого метана» в неуплотненных глубоководных отложениях океанов весьма значительны. Однако даже в этом случае возможность практического использования газогидратов, находящихся под океаническим дном, представляется пока неясной.

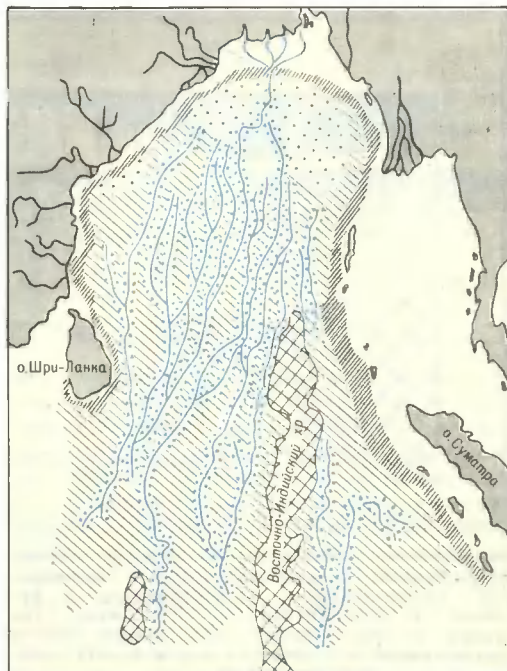
Данные по геологии срединно-океанических хребтов не позволяют характеризовать их сколько-нибудь благоприятно с точки зрения перспектив нефтегазонасности. Однако существование в пределах этих структурных зон отдельных участков с благоприятными условиями для формирования скоплений углеводородов вполне допустимо. Такими участками могут быть внутренние прогибы, которые заполнены осадочными отложениями, испытывающими воздействие присущего данным зонам интенсивного теплового потока.

Значительно больший интерес в отношении нефтегазонасности представляют внутриокеанические блоковые поднятия, выраженные в рельефе дна Мирового океана относительно неглубоководными плато и сопряженными с ними островами. Геофизическими исследованиями и бурением к настоящему времени выявлено более двух десятков блоковых поднятий с континентальным типом земной коры, которые часто называют «микроконтинентами». Они изолированы от современного шельфа близлежащих континентов глубоководными прогибами. Под развитыми на блоковых поднятиях рыхлыми и слабо консолидированными отложениями присутствует достаточно мощный комплекс осадочных пород, накопившихся в мелководных условиях.

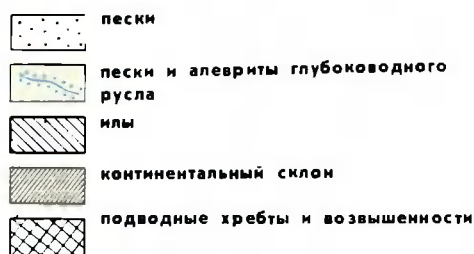
Типичным примером внутриокеанических блоковых поднятий служит плато Роколл в северной части Атлантического океана. В пределах целого ряда таких под-

нятий выделяются внутриокеанические осадочные бассейны, в которых могут быть обнаружены залежи нефти и газа.

К блоку континентальной коры — плато Роколл, площадь которого 240 тыс. км<sup>2</sup> (по изобате 1,8 км), приурочены два осадочных бассейна — Хаттон-Роколл и Роколл. Первый располагается непосредственно на континентальном блоке, при глубине моря свыше 1,2 км. В его строении принимают участие осадочные отложения общей мощностью около 3 км. В верхней части они представлены некон-



Глубоководные речные осадки, выносимые Гангом в Бенгальский залив [по Дж. Карри и Д. Мору, 1974]. Так называемый конус выноса, сложенный этими осадками, распространяется за пределы шельфа на многие сотни километров. В этом и других подводных конусах выноса широко развиты благоприятные для накопления нефти и газа осадки алеврито-песчаного состава.

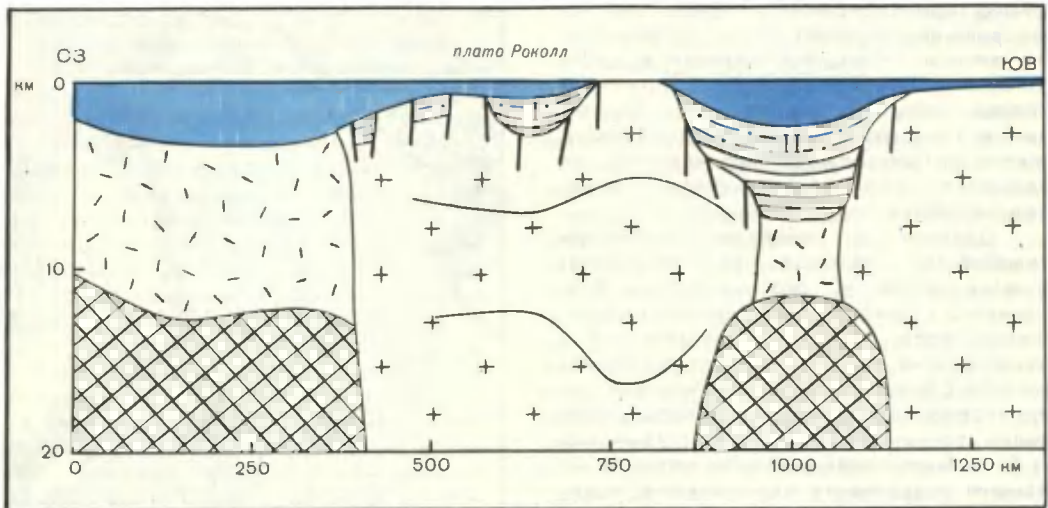


солидированными осадками неогена и верхнего палеогена, которые подстилаются породами нижнего палеогена и мела. Разрез надмеловых отложений вскрыт двумя глубоководными скважинами на глубину осадочного чехла свыше 840 м.

Бассейн Роколл представлен межблоковым океаническим прогибом, ограниченным плато Роколл и краем ирландского шельфа. На океанической коре здесь залегает трехкилометровая толща домеловых, меловых, палеогеновых, нео-

ными породами. Пласты, входящие в состав нижней части, могут образовывать сводовые изгибы над выступами фундамента и, следовательно, могут быть нефтегазоносны.

Также глубоководным осадочным бассейном является бассейн Эксмут. Он приурочен к одноименному плато, находящемуся в нескольких сотнях километров от северо-западных берегов Австралии и покрытому водами океана глубиной от 900 до 2000 м. Нижняя часть осадочного чехла плато Эксмут выраже-



Океанические осадочные бассейны в районе плато Роколл: I — Роколл, II — Хаттон-Роколл. Геофизическими исследованиями и бурением в этих бассейнах обнаружены как рыхлые и слабо уплотненные осадки, так и перспективные для поисков нефти и газа мощные толщи осадочных пород.

-  рыхлые осадки
-  осадочные породы
-  континентальная кора
-  океаническая кора
-  мантия

геновых пород и осадков, перекрытых слоем воды в 2,7 км. Разрез осадочного чехла состоит из трех частей. Верхняя сформирована неоген-палеогеновыми илами, средняя (палеоген-верхний мел) — слабоуплотненным песчистым мелом, а нижняя (мезозой) — карбонатными и терриген-

на континентальными и морскими мелководными песчаниками, алевролитами, глинами пермско-раннемелового возраста. Выше располагаются шельфовые известняки верхнего мела и карбонатные илы кайнозоя. С 1979 г. плато Эксмут стало объектом нефтепоискового бурения. Здесь предполагается пробурить более 30 глубоководных скважин стоимостью около 10 млн австралийских долл. каждая. При бурении одной из первых скважин на глубине 3 км (считая от океанического дна) обнаружено непромышленное скопление газа.

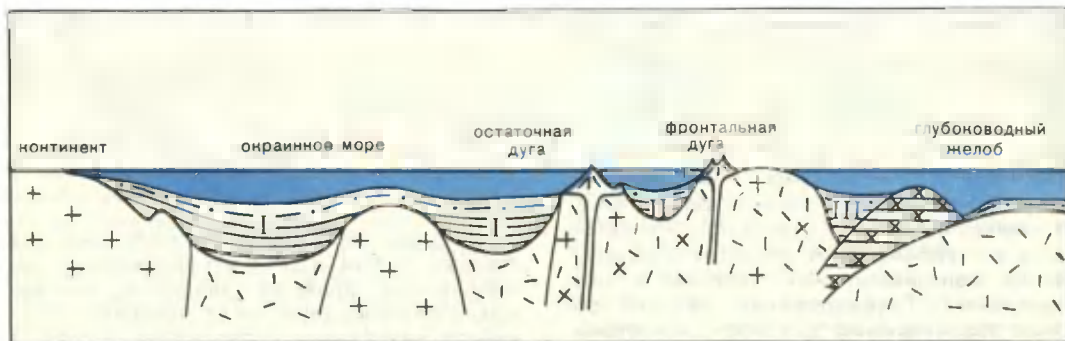
Таким образом, некоторые блоковые поднятия, лежащие на больших глубинах в океанах, представляют безусловный интерес для поисков нефти и газа. Однако лишь дальнейшие исследования покажут, в какой степени каждое из них обладает комплексом нефтегеологических и геохимических качеств, обуславливающих существование залежей нефти и газа.

## ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ ОБЛАСТЕЙ— АКТИВНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН

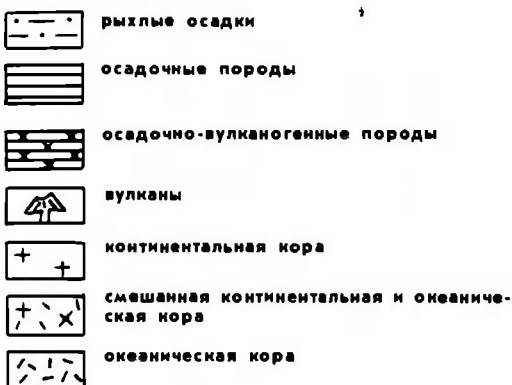
К переходным областям океанического дна относятся: глубоководные желоба, фронтальнодуговые и междуговые осадочные бассейны, а также котловины окраинных морей. Глубоководные желоба распространены в северной и западной частях Тихоокеанского тектонического пояса, в Карибском и Антильском

нефтегазоносности глубоководных желобов вообще.

В качестве положительных факторов следует рассматривать высокие температуры накопления осадков в отдельных желобах, которые могут способствовать уплотнению этих осадков, а также крайне слабую циркуляцию придонных вод, благоприятствующую возникновению восстановительной обстановки и тем самым — сохранению органического вещества. С другой стороны, следует иметь в виду низкие значения теплового потока и ма-



Осадочные бассейны переходной области: I — окраинного моря, II — междуговой, III — фронтальнодуговой. Эти осадочные бассейны также перспективны для поисков нефти и газа.



регионах. Глубоководные желоба достаточно разнообразны по размерам, времени возникновения и степени заполнения осадочными отложениями. Знания об осадочном чехле глубоководных желобов крайне ограничены. К настоящему времени скважины пробурены лишь в некоторых желобах. Поэтому пока можно говорить лишь об общей оценке перспектив

люю вероятность существования ловушек, возникающих за счет тектонических движений. Главным отрицательным фактором является слабое уплотнение илистых осадков. Если связывать миграцию углеводородов и возникновение надежных экранов с осадочными породами, видимо, последний довод окажется решающим в пользу крайне умеренной оценки перспектив нефтегазоносности глубоководных желобов

Несомненно, более перспективны в отношении нефтегазоносности впадины, тяготеющие к островным дугам, и впадины окраинных морей. Первые из них располагаются между дугой и смежным глубоководным желобом (фронтальнодуговые), а вторые — между островными дугами (междуговые). И тем, и другим впадинам соответствуют осадочные бассейны того же названия. Глубина моря над основной частью площади этих бассейнов обычно сравнительно небольшая. Общим признаком данных осадочных бассейнов, благоприятствующим возникновению нефтегазоносности, является повышенное значение теплового потока, определяющего более энергичную эволюцию органического вещества.

Междуговые бассейны (Индонезийские, Филиппинские и др.) сформированы отложениями кайнозойского, а иног-

да и мелового возраста. Эти подчас очень мощные отложения свидетельствуют о высоких темпах седиментации, а тем самым — о возможности быстрого захоронения органического вещества и уплотнения заключающих его осадков. Для окраинных частей таких бассейнов отмечена интенсивная дислоцированность осадочного чехла, определяющая широкое развитие ловушек.

Значительно меньшие перспективы связаны с фронтальнодуговыми бассейнами (у восточного побережья Японии, в районе о-вов Тонга, Курильских о-вов и др.), что обусловлено «молодостью» заполняющих их отложений, а также относительно небольшой мощностью и слабой дислоцированностью последних.

Котловины окраинных морей обладают значительным нефтегеологическим сходством с глубокими котловинами внутренних морей. Поэтому рассмотрим их совместно. Как те, так и другие находятся в глубоководных областях и обрамляются континентальным склоном и его подножием. Глубоководная область со всеми характерными для нее элементами отчетливо обособляется в таких окраинных морях, как Охотское, Берингово, Японское, Восточно-Китайское, Мексиканский залив, а из внутренних морей — в Черном и Средиземном, например. Шельф, континентальный склон и его подножие во внутренних и окраинных морях настолько тесно связаны своим становлением и развитием с котловинами, что перспективы нефтегазоносности последних могут быть оценены лишь на фоне общей нефтегеологической характеристики окраинных и внутренних морей.

Внутренние и окраинные моря отличаются от океанов меньшими размерами и отчетливо выраженной замкнутостью водных бассейнов, а следовательно, и более значительным влиянием смежной суши. В такие моря впадают многочисленные реки, в том числе крупные, поставляющие массу материала для формирования осадочного чехла. Наличие активных источников сноса при сравнительно ограниченных размерах водных бассейнов обеспечивает распространение по все их площади как песчаных отложений — коллекторов, так и обогащенных органическим веществом глинистых нефтегазоматеринских комплексов. Высокие скорости седиментации приводят к быстрому захоронению органического вещества и накоплению мощных осадочных толщ.

Определяющей положительной

чертой здесь является присутствие в составе осадочного чехла под рыхлыми и слабо уплотненными отложениями широко развитых мощных консолидированных толщ, способных к образованию и накоплению углеводородов. Крупные части окраинных и внутренних морей стали глубоководными лишь на сравнительно поздних этапах геологического развития. Ранее они являлись ареной относительно мелководной седиментации в условиях шельфа и формирования мощных отложений осадочных пород, благоприятных для нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Указанные обстоятельства свидетельствуют о значительных перспективах нефтегазоносности внутренних и окраинных морей по всей их площади, включая современные глубоководные элементы (в том числе котловины).



Итак, наиболее благоприятными для поисков нефти и газа в современных зашельфовых областях являются, во-первых, глубоководные части осадочных бассейнов внутренних и окраинных морей, а также периконтинентальные осадочные бассейны, сформировавшиеся в пределах континентального склона и его подножия, и, во-вторых, — впадины между островными дугами (междуговые осадочные бассейны). В определенной мере перспективы и впадины, приуроченные к внутриокеаническим блоковым поднятиям (внутриокеанические осадочные бассейны).

Возможность сколько-нибудь значительных залежей газа, а тем более нефти в рыхлых и слабо уплотненных отложениях, сформировавшихся в глубоководных областях Мирового океана за пределами шельфа, очень невелика и убывает с возрастанием глубины океана.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

**Богданов Ю. А., Каплин П. А., Николаев С. Д.** ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОКЕАНА. М., 1978.

**Боголепов К. В., Чиков Б. М.** ГЕОЛОГИЯ ДНА ОКЕАНА. М., 1976.

**Калинко М. К., Рябухин Г. Е.** НЕФТЯНЫЕ И ГАЗОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ. М., 1979.

**Соколов Б. А., Гайнанов А. Г., Несмеянов Д. В., Серегин А. М.** НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ. М., 1973.

## Фисташка в Средней Азии

**К. П. Попов,**

кандидат биологических наук

Туркменская опытная станция

Всесоюзного научно-исследовательского института  
растениеводства им. Н. И. Вавилова

Средняя Азия относительно бедна древесными видами растений. На всей огромной территории этого аридного региона полностью отсутствуют дуб, бук, граб, липа, лещина, сосна, кипарис. Несмотря на это, ботанико-географы включают Среднюю Азию в область Древнего средиземья, некогда простиравшуюся от современного Средиземноморья на западе до Гималаев на востоке. Здесь в третичное время на берегах и архипелагах обширного моря Тетис произрастали пышные субтропические леса, фрагменты которых уцелели до наших дней на юге Европы и в предгорьях Гималаев.

В Средней Азии по мере похолодания, а затем с наступлением в неогене более засушливого климата вымерли отдельные виды и целые роды дендрофлоры. Параллельно происходило общее отступление древесной растительности, с равнин и предгорий на более влажные склоны гор. Так, на южных склонах горных систем Средней Азии уцелели до наших дней такие субтропические деревья и кустарники, как инжир (*Ficus carica*), гранат (*Punica granatum*), хурма кавказская (*Diospyros lotus*), багряник Гриффита (*Cercis griffithii*), сумах (*Rhus coriaria*), зизифус, или унаби (*Zizyphus jujuba*), жасмины (*Jasminum officinale*, *J. revolutum*, *J. fruticans*), прутняк (*Vitex agnus-castus*). Именно в горном поясе Средней Азии, преимущественно на высоте от 1000 до 2500 м над ур. м., концентрируется сейчас древесная растительность. Ниже этого пояса растет лишь одна фисташка настоящая (*Pistacia vera*), общая площадь распространения которой сейчас составляет около 300 тыс. га. Есть все основания полагать, что еще в средневековые фисташники в Средней Азии окаймляли склоны Ферганской, Гиссарской, Вахшской и других крупных долин Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Об этом свидетельствуют не только письменные источники, уцелевшие рощицы и единичные «святыне» деревья фисташки, но также

географические названия гор и урочищ, идентичные почвенно-климатические условия, состав травяной растительности с доминированием эфемеретума и различных видов полыни там, где фисташки сейчас уже нет. Удачную реконструкцию первичного ареала *P. vera* дал И. А. Линчевский<sup>1</sup>, показавший бывшее сплошное распространение этого дерева в пределах пояса типичных и темных сероземов горных систем Тянь-Шаня и Памиро-Алая.

В современную эпоху в поясе обитания фисташки на территории Средней Азии сложились крайне тяжелые для древесных растений климатические условия. Максимальные летние температуры в северной части ареала достигают 40°, а на юге они поднимаются до 48°C. Среднегодовые осадки соответственно составляют 350—400 и 290 мм. При этом сухой период обычно длится с мая по октябрь, и летом относительная влажность воздуха днем падает до 12—9%. Каким же образом выжила фисташка в подобных климатических условиях?

При многолетнем стационарном изучении водного режима фисташки мы выяснили, что среднее дерево с диаметром кроны 5—6 м при высоте около 4 м за сезон расходует на транспирацию около 20 т воды. Был зафиксирован на первый взгляд парадоксальный факт: фисташка от весны к лету, по мере пересыхания почвы, воды потребляет все более, причем максимум достигается в июле, когда запасов влаги в почве практически нет. Грунтовые же воды в поясе обитания дерева залегают на глубине более 100 м и к тому же сильно минерализованы.

Возникло предположение, что фисташка имеет дополнительный источник водного питания за счет конденсации в почве атмосферных паров. Однако наблюдения над суточной динамикой температуры

<sup>1</sup> «Соц. растениеводство», 1933, № 7.



Фисташка цветущая.

Фото В. П. Фомина.





и влажности почвы показали, что конденсации почвой атмосферных паров в аридной зоне весной и летом не происходит. В частности, выяснилось, что роса в поясе сероземных почв — это продукт не конденсации, а дистилляции почвенной влаги, результат сжижения паров, выделившихся ночью из прогретой за день почвы.

Давно было известно, что большинство корней фисташки — поверхностные. Это позволяло понять причину разреженности древостоя в фисташниках, где каждое дерево занимает большую площадь водного питания.

Наши исследования показали, что тонкие корни фисташки в поясе типичных сероземов распределяются в почве двумя четко обособленными ярусами. Верхний доходит до глубины около 80 см, затем до 180—200 см следует засоленный «мертвый горизонт», лишенный тонких корней, а под ним появляется нижняя, всасывающая часть корневой системы фисташки. Она-то и обеспечивает усиленное питание водой дерева в самое жаркое и сухое время. По скромным подсчетам, тонкие корни среднего дерева фисташки охватывают до 2 тыс. м<sup>3</sup> почвенного грунта. Корни фисташки достигают глубины около 10 м. На этой глубине располагается слой постоянного увлажнения, поскольку здесь амплитуда колебания сезонных температур лёссов сводится к нулю.

Древний род *Pistacia*, происхождение которого относят к меловому периоду, насчитывает до двадцати видов, в основном растущих в поясе субтропиков Северного полушария. Из них в Новом Свете растут лишь два, очевидно, наиболее древних, вида (*P. texicana*, *P. texana*), тогда как остальные представители рода обитают в поясе сухих субтропиков, заходя и в тропики Евразии. За пределы этого пояса, почти до 43° с. ш., выходит лишь один вид — фисташка настоящая (*P. vera*). Она резко отличается от остальных видов необычайно крупными плодами-костянками. Очищенные от мясистой части околоплодника, они в обиходе именуются орехами, обладают превосходным вкусом и пользуются на международном рынке неограниченным спросом. Остальные виды фисташки плодоносят настолько мелкими костянками, что в пищу не используются. Ни один из видов фисташки не отличается таким полиморфизмом плодов, каким характеризуется фисташка настоящая. Эта особенность позволяет считать ее самым молодым видом рода. Исключительно крупные семена обеспечили семенное возобновле-

ние этого вида в условиях резкого аридного климата Средней Азии в послеплейстоценовое время. Солидный запас жиров (до 65%) и белков (до 20%) в сеянцах крупносемянной фисташки позволяет развиваться корневой системе до глубины около 1,5 м в первый же год жизни. Все остальные виды фисташки в Средней Азии (а их было не менее пяти), лишенные этого преимущества, вымерли.

В 1935 г. на крайнем юге Туркмении, близ г. Кушки, были обнаружены деревья мелкоплодной фисташки, которые ботаники отнесли к гибридам между *P. vera khinjuk* и *P. vera cabulica*. Мы нашли эти деревья. Их гибридное происхождение сомнительно. Во-первых, гибриды отличаются друг от друга не более, чем особи чистого вида; во-вторых, не удалось найти мужского прародителя предполагавшихся гибридов; третье свидетельство чистоты вида — высокая всхожесть их семян, что для гибридов нехарактерно. Скорее всего, это экземпляры особого вида, описанного нами как фисташка бадхызская (*P. badghysi*)<sup>2</sup>. По листьям и общему строению эта фисташка похожа на *P. vera*, но отличается от нее гораздо более мелкими плодами, косточки которых не вскрываются. Ареал вида ограничивается небольшим хребтом Шор Сафед в Бадхизе, на крайнем юге Туркмении, у самой границы с Афганистаном. Очевидно, основные места обитания фисташки бадхызской располагаются южнее в пределах горной системы Паропамиз. Фисташка бадхызская занимает промежуточное положение между крупноплодной *P. vera* и всеми остальными мелкоплодными видами.

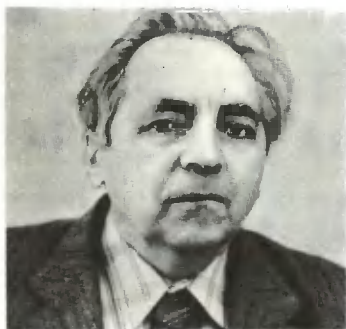
Так прояснилось происхождение фисташки настоящей. По всей вероятности, этот обособленный вид произошел в результате мутационной и комбинационной изменчивости исходных предковых видов. Эволюционное становление *P. vera* ускорило жестким естественным отбором в условиях резкого аридного климата в последний геологический период. Не случайно *P. vera* проявляет ныне столь высокий полиморфизм. Не случайно именно этот вид выжил в Средней Азии, выйдя к северной границе родового ареала и образовав своеобразный арьергард древесной растительности, отступившей в горы с неблагоприятной для нее равнинной территории этого огромного аридного региона.

<sup>2</sup> Попов К. П. Фисташка в Средней Азии. Ашхабад, 1979.



## Прошлое, настоящее и будущее западносибирских болот

М. И. Нейштадт, Л. К. Малик



Марк Ильич Нейштадт, доктор географических наук, профессор, старший научный сотрудник Института географии АН СССР. Специалист в области палеогеографии, болотоведения, истории лесов. Автор многих научных работ, в том числе монографий: История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., 1957; Определитель растений. М., 1963.



Лилия Константиновна Малик, кандидат географических наук, старший научный сотрудник того же института. Занимается вопросами водного режима западносибирских рек, его роли в процессах заболачивания, проблемами гидромелиорации. Автор монографии: Гидрологические проблемы преобразования природы Западной Сибири. М., 1978.

В последние годы отношение к болотам резко изменилось. Если еще недавно было широко распространено представление о необходимости их почти повсеместного осушения, то сегодня все чаще звучат призывы сохранить эти уникальные объекты природы в их первозданном виде. Однако, как известно, все крайности вредны. Решение вопроса об осушении того или иного болотного массива зависит от целого ряда причин — типов болот, их географического положения, размеров, перспектив хозяйственного использования и т. п.

Особое место среди болотных массивов нашей страны занимают западносибирские болота. Это самая заболоченная территория не только в нашей

стране, но и в мире. Она протягивается на 1,5 тыс. км с севера на юг и на 1,3 тыс. км с запада на восток. Причем с каждым годом болота завоевывают все новые площади, поэтому болотообразование в Западной Сибири принято называть «агрессивным». Оно сильно затрудняет хозяйственное освоение Западной Сибири.

Идея необходимости мелиорации западносибирских болотных массивов была выдвинута одним из авторов этой статьи много лет назад<sup>1</sup> и не вызывает у нас сомнения и ныне. Учитывая непрекращающиеся дискуссии по многим вопросам ме-

<sup>1</sup> Нейштадт М. И. Болота Западной Сибири. — «Известия АН СССР, сер. географ.», 1971, № 2.

лиорации этого региона, мы решили остановиться на некоторых аспектах проблемы.

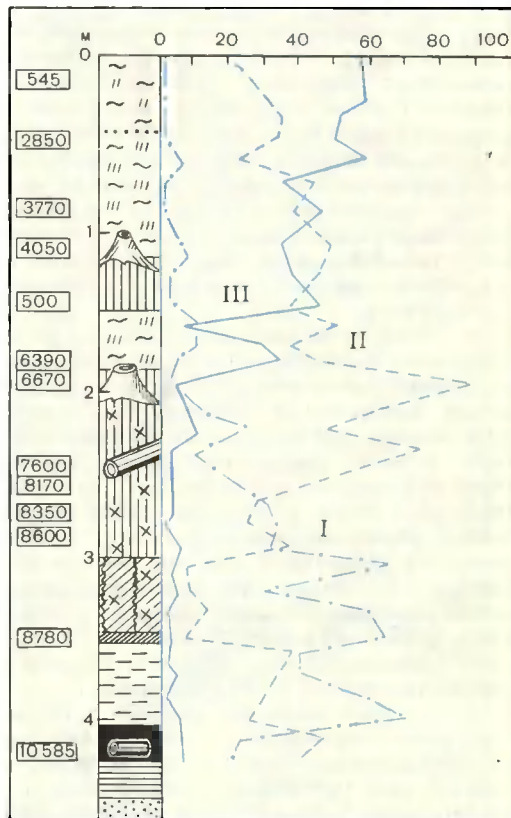
### НЕПРЕРЫВНАЯ АГРЕССИЯ БОЛОТ

При составлении проектов не следует бояться коренного преобразования природы. Половинчатость невыгодна и некрасива. Если человек нарушил естественную прелесть природы, то он должен заменить ее красотой и прочностью изделий своих рук.  
 Д. Л. Арманд. Наука о ландшафте. (М., 1975)

Процесс болотообразования на территории Западносибирской равнины достаточно длителен. Спорово-пыльцевые диаграммы и радиоуглеродные датировки различных торфяников показали, что первые болотные отложения появились здесь около 10—12 тыс. лет назад, в раннем голоцене, когда начала восстанавливаться широтная зональность растительности, нарушенная последним оледенением, а климат стал теплее и влажнее. При последующих климатических сдвигах существенно изменялись природные условия и природные зоны смещались к северу или югу. Так, на широте г. Нижневартовска, где теперь располагается зона средней тайги, в течение 1,5 тыс. лет существовала лесотундра, затем ее сменила северная тайга (сохранявшаяся 3 тыс. лет), южная тайга (2,5 тыс. лет) и зона, переходная от южной тайги к средней тайге (2 тыс. лет). Средняя тайга уже существует на этом месте 3 тыс. лет. Однако разрастание болот и накопление торфа происходило во время всех этих перемен.

Согласно исследованиям, проводившимся на географическом факультете Московского университета Н. И. Михайловым и др., современные границы географических зон смещаются к югу, тундровые ландшафты наступают на север лесотундры, а лесотундра — на окраины северной тайги. В свою очередь, мелколиственные леса лесоболотной зоны смещаются в сторону лесостепи. Однако доминирующим природным процессом в лесной зоне остается процесс болотообразования.

Геологическое прошлое Западной Сибири, бывшей когда-то дном моря, а затем на значительной части покрытой ледником, обусловило равнинность территории, горизонтальное залегание пород, замедленный поверхностный сток, т. е. подготовило условия, благоприятствующие



Строение торфяника в районе г. Нижневартовска. Слева — абсолютный возраст торфяника по радиоуглеродным датировкам; справа — три спорово-пыльцевых диаграммы некоторых древесных пород (I — ель, II — береза, III — сибирский кедр).

- торф из мха *Sphagnum fuscum*
- торф из сфагнового мха и шейхцерии
- торф из остатков сосны и сибирского кедра
- торф из остатков сосны и сибирского кедра с примесью хвоща
- торф из тростника, хвоща и осок
- хорошо разложившийся торф
- суглинок
- гумусированная прослойка
- глина
- песок
- древесные остатки в торфяной залежи

щие первичному заболачиванию. Процессы заболачивания зародились одновременно на огромных пространствах Западной Сибири в тысячах точек, расположенных в ложбинах стока ледниковых вод, котловинах термокарстового или просадочно-суффозионного происхождения, в различных понижениях и водоемах и в местах выхода грунтовых вод. Этому способствовало также большее, чем могло испариться, количество осадков и плохо проницаемые грунты.

Вначале образовались небольшие по размерам изолированные болота, затем углубления заполнились торфом и болота стали выходить за пределы понижений. Постепенно заболачивались окружающие суходольные территории и отдельные болота сливались в сложные и обширные болотные системы. Окончательное соединение отдельных изолированных болот в крупные болотные массивы произошло около 2,5 тыс. лет назад и наблюдается и сейчас. Таким образом, мощный процесс заболачивания разворачивался в Западной Сибири на протяжении голоцена и продолжается в настоящее время.

В своем развитии болота не только захватили территорию междуречий, но и переместились на речные террасы, в поймы рек. Происходит непрерывное нивелирование водоразделов и заболачивание долин рек. Для заболоченных водосборов характерно активное заполнение наносами и торфом речных русел и повышение базисов эрозии. Таким образом, болота ослабляют и без того недостаточную дренирующую деятельность речной сети, вызывая ее дряхление и дальнейшее ухудшение условий дренирования местности.

Активности процессов заболачивания способствует огромный запас воды, сосредоточенный в настоящее время в болотах Западной Сибири. По нашим подсчетам, он составляет около 1000 км<sup>3</sup>, что приблизительно в 2,5 раза больше количества воды, ежегодно выносимой Обью в Карское море. За счет больших запасов

воды в болотах интенсивно развиваются торфяники. Они растут по вертикали в среднем на 0,5—1 м в тысячелетие.

Саморазвитие болот — очень сложный процесс, в значительной степени тесно связанный с характером рельефа местности. В понижениях рельефа болота образуют языки: болота как бы выбирают подходящие для своего дальнейшего продвижения участки, и нередко их рост временно приостанавливается. Такие остановки болота вынуждены делать, обходя расположенные более высоко участки суходолов, обычно занятые лесами, обтекаемая их, с тем чтобы в дальнейшем захватить и эти территории. Останавливаются болота и достигнув хорошо дренируемых реками участков, а затем распространяются уже параллельно руслам рек. Однако нередко русла заполняются торфом и речки превращаются в болотные водотоки. Ежегодно болота захватывают около 10 тыс. га земель. Подобная скорость характерна для последних 2 тыс. лет, а до этого времени она составляла значительно большую величину.

Заметное уменьшение скорости заболачивания ни в коей мере не свидетельствует о затухании этого естественного процесса. Просто болота подошли к хорошо дренируемым участкам вдоль рек или вышли к большим рекам — Оби, Иртышу и их притокам. На участках, покрытых лесом, идет жесточайшая борьба леса и болот. При ослаблении дренирующей активности речной сети, связанной, например, с длительным повышением уровня воды в ней, болотообразовательные процессы активизируются и болота наступают.

Долговременное повышение уровня воды в реках может быть связано как с факторами крупного масштаба (например, с изменением климатической обстановки), так и с местными причинами — такими как залом на реке при лесосплаве или от обрушившегося леса, подпор от другой, более крупной реки, вызывающий

#### Рост заболоченности Западной Сибири в голоцене за последние 8 тыс. лет

Время, тыс. лет назад	Заболоченная площадь, км <sup>2</sup>	Увеличение заболоченности, км <sup>2</sup>	
		за каждые 2 тыс. лет	ежегодно
8	11 004	—	—
6	126 546	115 542	57,77
4	348 198	221 652	110,82
2	602 076	253 878	126,94
настоящее время	786 000	183 924	91,96

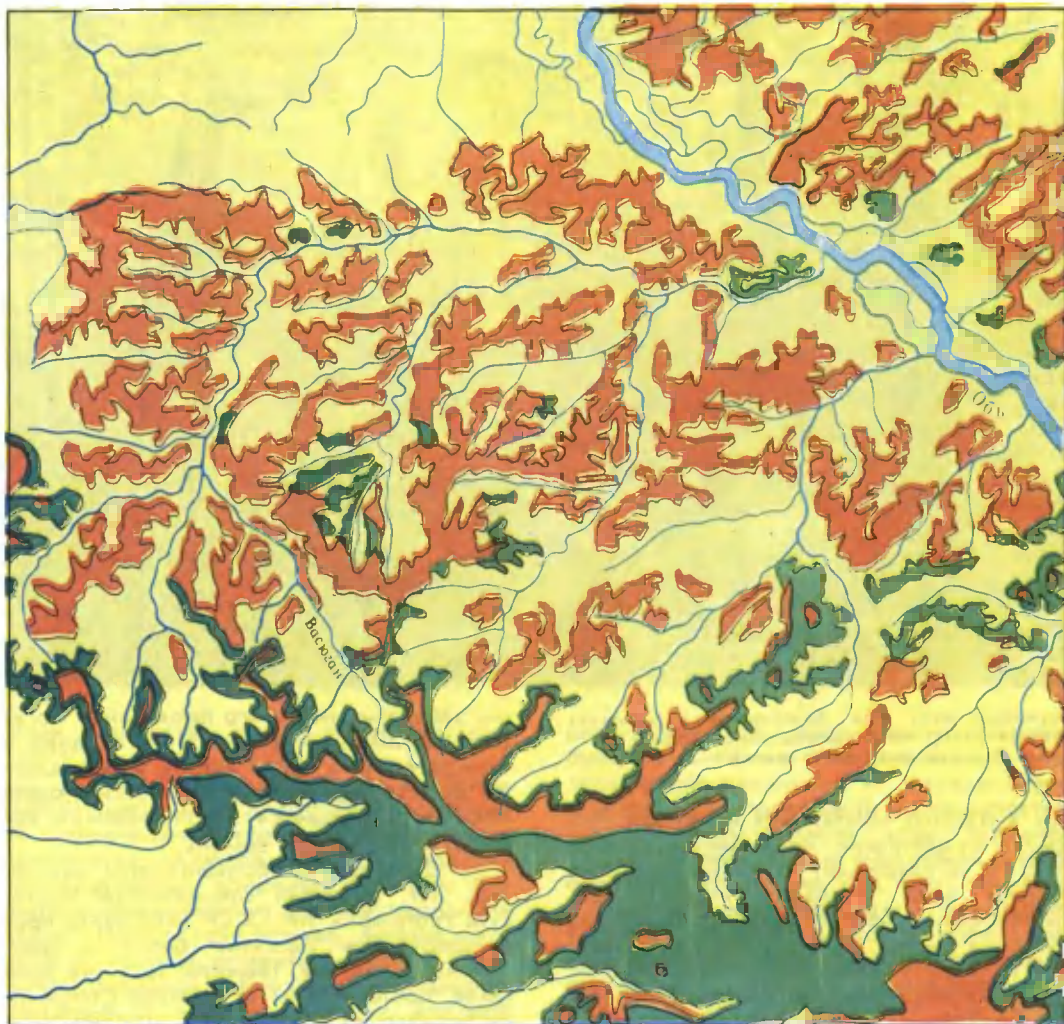


Схема распространения торфяников различных типов, потенциально пригодных для мелиорации, на одном из участков Западной Сибири.

- верховые и переходные торфяники
- низинные торфяники
- суходольные и заболоченные леса и поймы

ежегодное повышенное стояние уровней в течение всего безледного периода, и т. д. Изменение дренирующей активности речной сети может быть связано также с современными тектоническими движениями земной коры — поднятиями или опусканиями территории, оказываю-

щими влияние на обводненность территории. В связи с этим наиболее агрессивны болота в районах тектонических депрессий — низменностей, где дренирующая роль рек ослаблена и болота сливаются в сплошные болотные системы, изобилующие озерами. Пример такой низменности — Сургутская низина, расположенная к северу от широтного участка Оби. Напротив, в районах поднятий, где повышается дренирующая активность рек, русла спрямляются, а на их поймах появляются древесная растительность и кустарник. Однако, по выводам гидролога К. Е. Иванова<sup>2</sup>, усиление дренирующей роли

<sup>2</sup> Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975.



Сосновые леса при благоприятных условиях хорошо растут на расширяющемся болоте. Здесь и далее фото Л. К. Малик.

рек в районах проявления новейшей тектоники существенно не изменяет границ болот и не сокращает их площади. В этих районах лишь снижается интенсивность накопления торфа и меняется структура болотных систем. Процесс же заболачивания в зонах с избыточным увлажнением при неменяющихся климатических условиях необратим, и разрушение болотных систем возможно, главным образом, при их искусственном осушении. И с этим нельзя не согласиться.

Отступление болот в большом масштабе в естественных условиях возможно лишь при очень длительном уменьшении содержания влаги в болотных массивах, причинами которого могут быть долговременные изменения климата в сторону сухости. Возможно, конечно, сокращение площади отдельных болот из-за изменений их гидрологического режима и рельефа. При этом растения, образующие торф, сменяются растениями, его не образующими, и рост торфа прекращается. Однако эти локальные явления не меняют общего направленного природного процесса, свойственного всей лесной зоне Западной Сибири. Механиз-

мы заболачивания и его проявления могут быть различными в северной, средней и южной тайге, а также внутри этих подзон. Но во всех случаях этот прогрессирующий процесс завершается заболачиванием все новых суходольных земель.

Даже такой небольшой срок, как десять лет, позволил специалистам Института географии АН СССР установить прогрессирующее развитие болот в центральном районе таежной зоны на профиле, проложенном от протоки Сытоминка (одного из рукавов Оби на широтном отрезке ее течения) в глубь территории. Изучение динамики ботанических и почвенных границ, ширины и глубины зон обводнения на окраинах болот, глубины почвенно-грунтовых вод, а также способствовавших росту болот гидроклиматических условий позволило выявить здесь активное наступление болот. Оно наиболее четко проявилось на границе болота и незаболоченных земель, но выявлено и на более удаленных от болот участках суходолов.

Леса в Западной Сибири сохранились в виде полос на дренируемых реками участках и на отдельных повышениях — гривах, и когда болота наступают, леса превращаются в болотные формации различного типа. При этом на более быструю гибель обречены леса, растущие на гри-



Сосна и сибирский кедр в центре верхового болота.

вах — этих отдельных островов среди безбрежного моря болот. Поэтому борьба с переувлажнением и забо́лоченностью территории является основной задачей преобразования природы Западной Сибири и одновременно задачей защиты ее лесов. Однако существует мнение, что следует вообще оставить болотные ландшафты Западной Сибири в их естественном состоянии, в частности потому, что они якобы сохраняют создавшееся в природе за тысячелетия равновесие и малейшее нарушение этого равновесия может привести к негативным последствиям.

Авторы настоящей статьи придерживаются той точки зрения, что в условиях постоянной агрессии болот не приходится говорить о каком-то природном равновесии, которое можно нарушить, если начать осушать болота. Болота уже около 10 тыс. лет наступают на суходольные леса и другие формации, в первую очередь уничтожая огромные лесные насаждения. Этот процесс может быть прекращен или нейтрализован лишь вмешательством человека, если не произойдут какие-либо экстремальные изменения климата. А пока в современную эпоху под влиянием болот меняются границы геог-

рафических зон, типы леса и частично фауна. Постепенно накапливаясь, эти малозаметные изменения в определенный момент могут приобрести новое качество. Если оставить лесную зону Западной Сибири, превращенную фактически в лесоболотную, такой, как она есть, то через 5 тыс. лет, как показывают примерные расчеты, она будет полностью заболочена и заторфована, за исключением отдельных повышенных участков и узких дренированных полос вдоль главных рек. Для геологической истории 5 тыс. лет — срок совсем небольшой. Но если даже не учитывать этого прогноза, трудно примириться с тем, что и в ближайшем будущем на территории Западной Сибири будут существовать огромные площади практически неиспользуемых болот, заболоченных лесов и заболоченных лугов.

Труднопроходимые болота и заболоченные земли мешают выявить и освоить природные богатства этой территории, снижают продуктивность не только лесных, но и сельскохозяйственных угодий, создают бездорожье, затрудняют строительство населенных пунктов и заселение территории, усложняют и удорожают промышленное освоение нефтяных, газовых и железорудных месторождений и лесных богатств, ухудшают микроклимат и т. д.

Поэтому совершенно очевидно, что огромную заболоченную и заторфованную территорию Западной Сибири необходимо привести в культурное состояние, превратив ее в более продуктивные природно-культурные ландшафты. И сделать это можно, лишь осуществив серию мелиоративных мероприятий. Причем начинать мелиорацию болот нужно с улучшения водного режима рек — водоприемников болотных вод, так как большинство западно-сибирских рек в силу особенностей их водного режима не всегда могут принять сбрасываемые с болот воды: у них очень продолжительное и весьма высокое весенне-летнее половодье и длительные разливы паводковых вод.

Небольшие реки находятся значительную часть времени в подпоре от более крупных рек, которые, в свою очередь, подпираются в период половодья основными реками Западной Сибири — Обью и Иртышом. Поэтому реки этой территории нуждаются в регулировании стока, а также в осуществлении ряда мероприятий меньшего масштаба<sup>3</sup>. На междуречьях же необходимы осушительно-увлажнительные мелиоративные системы, т. е. системы с двойным регулированием водного режима, так как осушение болот может иногда вызвать даже в таежной зоне временные засухи, не говоря уже о более южных районах. Например, в Барабинской низменности, остро нуждающейся в мелиорации, гривы и в настоящее время страдают от недостатка влаги.

В качестве одного из аргументов против осушения болот Западной Сибири нередко приводится тот факт, что в современную геологическую эпоху болота — единственный компонент природных ландшафтов, в котором идет длительный непрерывный глобальный процесс накопления органического вещества — торфа. Однако органическое вещество ежегодно накапливается и в других ландшафтах и широко используется в хозяйственных целях. Кроме того, разумная мелиорация с двусторонней системой осушения, позволяя выращивать леса на верховых болотах и развивая сельское хозяйство на болотах низинного типа, не предусматривает выемку торфа. Это производится

лишь в отдельных случаях в связи с добычей торфа для энергетических, химических и других целей, что, по-видимому, неизбежно, особенно в будущем. Разумная мелиорация предполагает сохранение баланса между приростом торфа и его использованием.

### БЫТЬ ЛИ ЛЕСАМ?

Надо заботиться не о том, чтобы сохранять болота, а о том, чтобы беречь и развивать леса.

А. А. Миддендорф. Путешествие на север и восток Сибири (СПб., 1860—1878)

Болотообразовательный процесс отразился на многих сторонах природной обстановки Западно-Сибирской равнины — на ее климате и увлажненности, на характере почвенного покрова, растительности, особенно лесов. Ныне уникальные леса Западной Сибири в связи с их заболоченностью имеют сравнительно небольшую продуктивность — в 2—3 раза ниже возможной по климатическим условиям. Более того, леса вообще, как мы уже говорили, обречены на гибель, весь вопрос лишь во времени. Поэтому дренирование водоразделов и осушение болот должно прежде всего проводиться для создания территории, удобной для выращивания лесов, т. е. основным видом мелиорации болот в лесной зоне должна быть лесомелиорация и лесовосстановление, являющиеся наиболее эффективным средством ограничения и приостановки процесса заболачивания земель.

По материалам Союзгипролесхоза<sup>4</sup>, площадь заболоченных лесов в Западной Сибири больше площади болот в 1,2 раза, а болота и заболоченные леса составляют половину общей площади этой территории.

Осушительная мелиорация позволит не только прекратить процесс заболачивания лесов, но и будет способствовать расширению лесов за счет естественного облесения осушенных болот и безлесных заболоченных пространств — лесных гарей и вырубок, которые в современном состоянии подвергаются интенсивному заболачиванию. Осушение заболоченных лесов позволит регулировать водный режим лесных почв и влиять на факторы

<sup>3</sup> Подробнее об особенностях водного режима рек Западно-Сибирской равнины и о способах его упорядочения см.: Малик Л. К. Нужно ли перебрасывать воды западносибирских рек на юг? — «Природа», 1973, № 6.

<sup>4</sup> Сабо Е. Д. Новое в лесосушении. М., 1966.





Ложбина стока, где болото наступает на лес.

роста лесов — воздушный и тепловой режим почв и т. д. Это резко повысит продуктивность лесов и создаст условия для воспроизводства наиболее ценных лесных пород Западной Сибири, улучшит условия разработки лесов, освоение и транспорт лесоматериалов из тех лесных массивов, которые нельзя эксплуатировать из-за бездорожья и т. д. Немаловажно в условиях освоения и заселения территории повысить санитарно-гигиеническую и рекреационную роль лесов, что возможно именно при осушении. Наконец, замена болот и заболоченных угнетенных лесов лесами нормального увлажнения поможет превратить эту своеобразную «пустыню», где почти не живут птицы и другие животные, в охотопромысловые угодья.

Вряд ли целесообразно переносить в Западную Сибирь опыт мелиорации болот Полесья и других районов страны, оказавшийся не во всем благополучным. Известно, что глубокое осушение — «до подошвы» — торфяников для сельскохозяйственных целей сильно понизило в этих районах уровень грунтовых вод, ухудшило водный режим соседних территорий и рек, в бассейнах которых проводились

мелиоративные работы, а перепахивание торфяников вызвало ветровую эрозию и создало в ряде случаев опасность пожаров. Однако все это произошло под влиянием сельскохозяйственных мелиораций в зоне недостаточного или неустойчивого увлажнения, а не в переобводненном районе. Сельскохозяйственная мелиорация, которая должна охватить в Западной Сибири преимущественно болота низинного типа, распространенные в южных районах равнины, и окраины верховых болот, уже проводилась и дала хорошие результаты.

Но вернемся к лесам. О большой эффективности лесовосстановления на мелиорируемых торфяниках свидетельствуют работы лесоводов на европейской части СССР, в Норвегии, Финляндии. Особо важен опыт лесовосстановления в Западной Сибири. Так, работы лаборатории лесного болотоведения и мелиорации Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР показали на примере ряда болотных массивов Томской области большую эффективность лесомелиораций в южнотаежной подзоне. Хорошие результаты получены также на Тюменской лесной опытной станции.

Некоторые исследователи сомневаются в возможности культивировать древесные породы (сосну, сибирский кедр и

лиственницу) на верховых болотах в районах средней и северной тайги Западной Сибири в связи с характером здешних природных условий. Нередко на сильно обводненных верховых болотах деревья не растут вообще или же растут очень плохо. Однако при искусственном осушении с помощью мелиоративных систем двустороннего действия, о которых говорилось выше, можно достигнуть хороших результатов. В северной и средней тайге сосна, сибирский кедр и лиственница при благоприятных для них условиях, в частности на гривах верховых болот, растут хорошо. Пример тому — естественное облесение некоторых участков таких болот. Однако, к сожалению, этот процесс некоторые исследователи противопоставляют образованию болот. В связи с этим доказывают, что оба эти процесса существуют параллельно и болотообразование не доминирует и не поглощает суходольных лесов Западной Сибири. Но, во-первых, при неизменных климатических условиях естественное облесение болот происходит только на определенных весьма ограниченных участках болот, связанных, главным образом, с рельефом. Во-вторых, площадь болот при облесении его отдельных участков продолжает расширяться за счет поглощения пограничных с болотом незаболоченных лесов. Именно такие леса на растущем по площади торфянике мы наблюдали, в частности, в районе пос. Сытомино.

Вместе с тем на юге лесной зоны в ряде районов действительно при определенных условиях доминирует естественное лесовосстановление. По данным Н. И. Пьявченко<sup>5</sup>, даже небольшое улучшение водного и воздушного режимов, связанное с незначительными повышениями рельефа болот, ведет к появлению среди сильно увлажненных пространств узких и вытянутых участков древесных насаждений. Наши наблюдения на болоте у оз. Самотлор показали, что на грядах, возвышающихся над общей поверхностью на 0,5—0,75 м, растут кедры и сосны высотой до 15 м и выше.

Возможность превращения болот (в частности, верхового типа) в хорошие лесные угодья подтверждается исследованиями торфяной залежи. Так, в последние годы в ряде районов Западной Сибири обнаружены горизонты торфа с мощными пнями и целыми стволами деревьев. При-

чем эти слои торфа нередко подстилаются слоями шейхцериевого торфа, которые характеризуются большим увлажнением. Древесная же растительность появлялась на протяжении голоцена, когда климат становился более сухим и в верхних слоях торфяной залежи создавался благоприятный водно-воздушный режим.

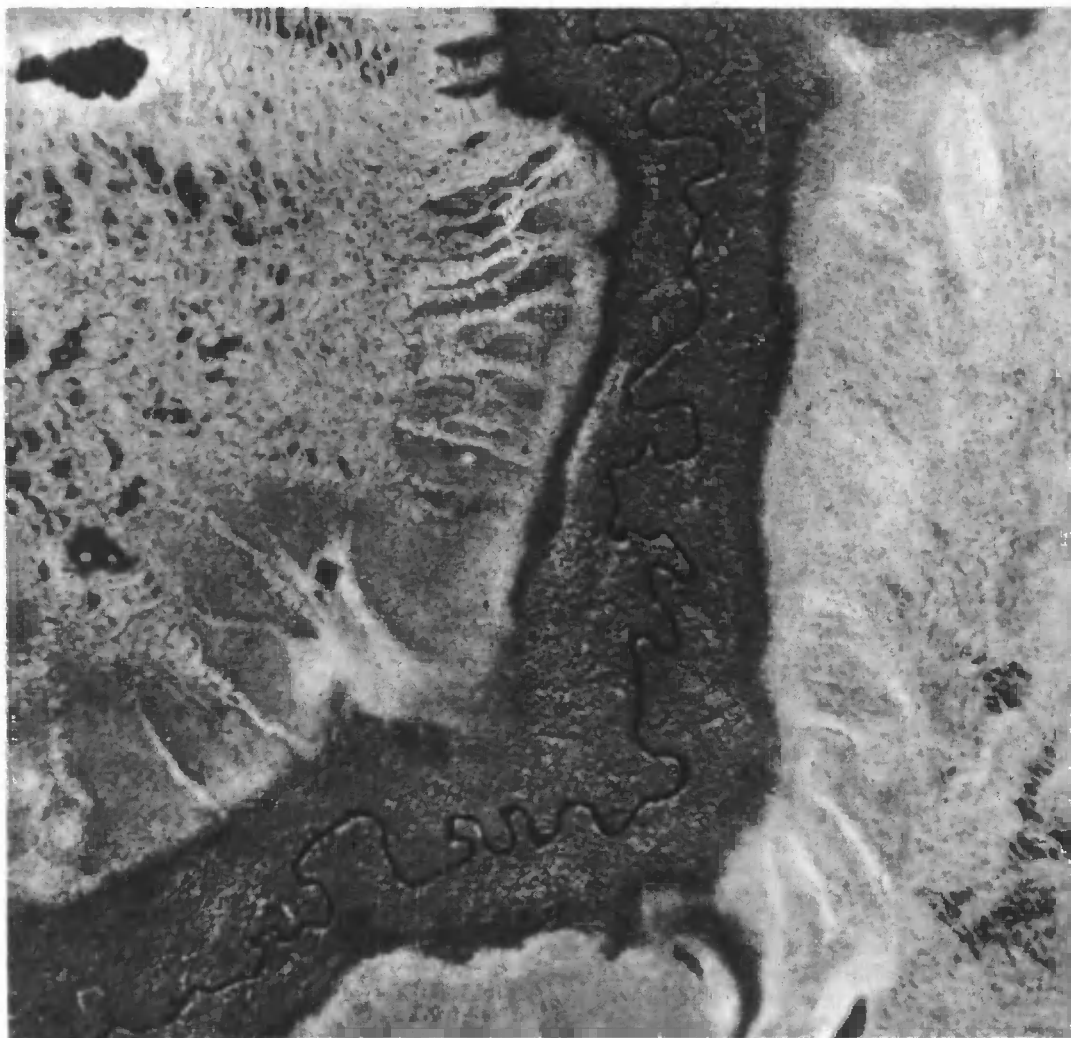
Таким образом, вполне возможно при соответствующих преобразованиях верховые болота Западной Сибири превратить в высококачественные лесные насаждения. Эти преобразования наряду с двойным регулированием водного режима торфяных почв должны включать соответствующие агротехнические приемы, в том числе тепловую мелиорацию почв, предотвращающую их от промерзания при осушении, и внесение удобрений. Дальнейшее повышение продуктивности лесов на болотах должно идти, как справедливо отмечает Н. И. Пьявченко, путем рационального ведения лесного хозяйства на осушенных землях, заключающегося в уничтожении старых деревьев и формировании жизнеспособных древостоев, лесокультурных работах, систематическом уходе за осушительной сетью, охране лесов от пожаров, борьбе с болезнями и вредителями и т. д.<sup>6</sup>

В условиях формирования в Западной Сибири народнохозяйственного комплекса на базе минеральных и лесных ресурсов будущее лесов представляется одной из важнейших проблем преобразования природы этой территории. Благодаря лесовосстановительным работам Западная Сибирь может превратиться в мощный лесозаготовительный район страны. Однако вырубка лесов (особенно на почвах, не впитывающих влагу) может из-за уничтожения такого мощного испарителя, как лес, вызвать не только временное, но и постоянно прогрессирующее заболачивание. Поэтому вырубка лесов сегодня и в будущем должна сопровождаться обязательными и одновременными лесопосадками.

Противники широкого фронта лесомелиоративных работ в Западной Сибири обычно ссылаются на то, что это дело далекого будущего и что лесная промышленность не готова к такого рода мероприятиям. Однако, по существу, осушение и разрушение болотных систем Западной Сибири уже началось с момента строитель-

<sup>5</sup> Пьявченко Н. И. О происхождении грядового микро рельефа. — «Проблемы ботаники», 1962, вып. 6.

<sup>6</sup> Пьявченко Н. И. Заболоченные леса и болота Западной Сибири как объекты лесной мелиорации. — Труды Биол. ин-та СО АН СССР, 1973, вып. 20.



**Реки препятствуют разрастанию болот: дренируемая рекой полоса суши занята лесом (темное на снимке).**

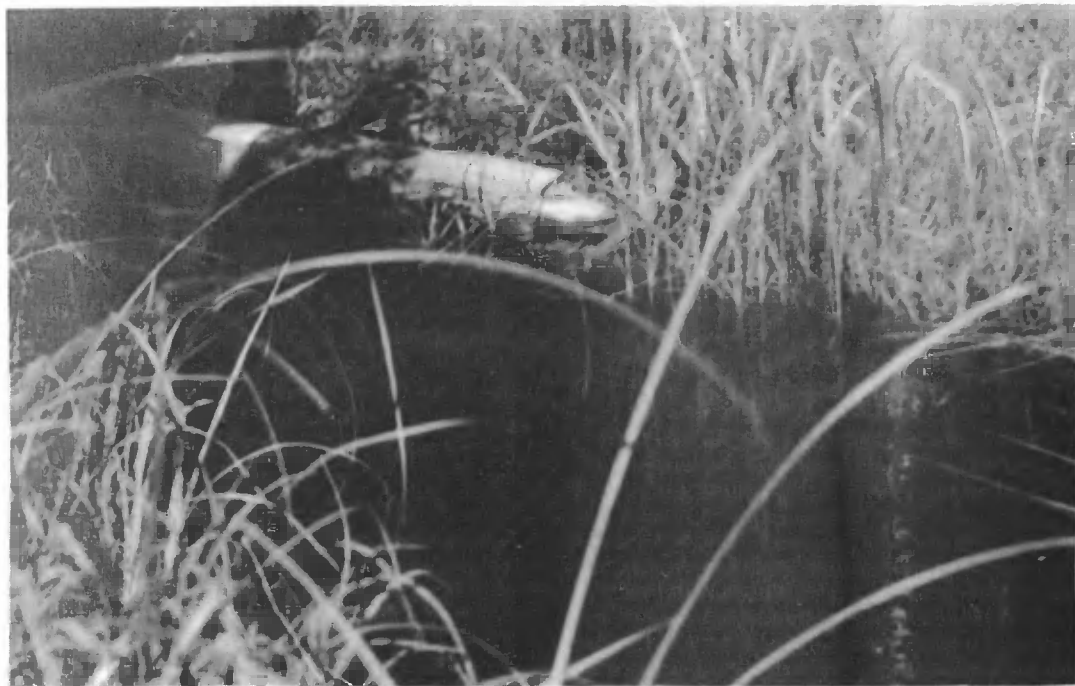
Фото из кн.: Малик Л. К. Гидрологические проблемы преобразования природы Западной Сибири. М., 1978.

ва дорог, трубопроводов и буровых установок, создания новых городов, поселков и т. п. При этом работы в отдельных районах проводились не по единому плану и без необходимых научных разработок. Между тем проведение мелиоративных работ в больших масштабах по единому плану и последующее освоение осушенных земель требуют постановки глубоких, разносторонних научных исследований.

Процесс заболачивания имеет и позитивную сторону: в Западной Сибири об-

разовались огромные запасы торфа самого разнообразного качества. Они составляют до 70% от всех запасов торфа СССР и 30% мировых запасов (103 млрд т при 40% влажности).

Очевидно, что Западная Сибирь станет в будущем центром торфодобывающей и торфоперерабатывающей промышленности. В настоящее время западносибирские запасы торфа используются незначительно. Здесь имеется всего одна электростанция, использующая торф — Тюменская ТЭЦ, построенная в 1960 г. и работающая на торфе Тарманского болотного массива. Планируется самое разнообразное использование торфа, в том числе при строительстве металло-энергохимического комбината на базе торфа и железной руды, месторождения которой сосре-



Болотная река в торфяном ложе, отводящая воду за пределы болотного массива.

доточены на левобережье Оби (бассейны рек Парбига и Бакчара).

Наряду с большими запасами топливного торфа здесь сосредоточены крупнейшие ресурсы торфоподстилочного и торфоизоплитного сырья. Торф может служить также материалом для удобрения и т. д. Таким образом, уже сейчас можно сказать, что торф должен сыграть очень большую роль в развитии экономики Западной Сибири, хотя до конца возможности его использования в народном хозяйстве еще не выяснены.

Лесомелиоративные работы требуют, естественно, больших затрат, но часть из них сравнительно быстро может окупиться при строительстве торфоперерабатывающих предприятий.

### БОЛОТА-ЗАПОВЕДНИКИ

Все сказанное нами совершенно не означает, что нужно мелиорировать все болота и заболоченные земли. Совершенно необходимо сохранить в неосушенном виде часть болот и создать заповедные зоны, которые должны выполнять не только функции сохранения природного ландшафта, но и служить полигоном для проведе-

ния разносторонних научных исследований<sup>7</sup>. Кроме заповедников, в лесной зоне Западной Сибири должны быть созданы заказники и национальные парки.

Уже утверждена схема размещения природоохранных объектов в Тюменской области<sup>8</sup>, предусматривающая создание шести заповедников, семи заказников, а также научно-производственного стационара. Расположены эти природоохранные объекты в различных физико-географических зонах Западной Сибири — от арктической тундры до южных лесостепных районов. В этих заповедных территориях располагаются болота различного типа, не подлежащие лесомелиорации или другим видам хозяйственного использования. Очевидно, они должны стать объектами флористических, фаунистических, стратиграфических, экологических и других видов исследований, а сами заповедники превратятся в научные базы по изучению сложных природных механизмов и их возможных изменений в условиях будущего освоения территории. Первый из заповедников — Юганский — намечено организовать

<sup>7</sup> Герасимов И. П. Человек и среда. Современные аспекты проблемы. — Известия АН СССР, сер. географ., 1971, № 1.

<sup>8</sup> В торушин С. Сохранить для потомков. — «Правда», 9 августа 1978 г.



Лес, обреченный на гибель.

в 1981 г. Он расположен в богатом лесом Сургутском районе, его площадь составит около 400 тыс. га. Юганский заповедник позволит сохранить большие массивы кедровых и смешанных лесов, обширные болота, многочисленные речки и озера с их обитателями — типичный ландшафт в зоне средней тайги.

В разработке системы природоохранных мер для Западной Сибири принимают участие многие научно-исследовательские и производственные организации. Особенно велика здесь роль Научного совета по проблемам окружающей среды Сибирского отделения АН СССР, который разработал принципы заповедников. Совет предложил также восстановить закрытый ранее Кондо-Сосьвинский заповедник. На его базе уже начал функционировать заповедник Малая Сосьва площадью около 93 тыс. га, расположенный в пределах сильно заболоченной озерно-аллювиальной равнины.

Таким образом, мы — за разумное преобразование природы Западной Сибири, которое предусматривает гидромелиоративное, или, как сейчас принято говорить, водохозяйственное благоустройство территории, позволяет эффективно использо-

вать ее богатейший природный потенциал, создает оптимальные условия для жизни и деятельности человека. Однако осуществлению планов преобразования природы Западной Сибири должно предшествовать выполнение широкой программы научно-исследовательских работ, учитывающих перспективные проекты использования различных видов ее природных ресурсов и в том числе водных и торфяных.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

**Герасимов И. П.** ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИРОДЫ И РАЗВИТИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКИ В СССР. М., 1967.

**Малик Л. К.** ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. М., 1978.

НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОСВОЕНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. М., 1977.

**Нейштадт М. И.** СОВРЕМЕННАЯ ЗАБОЛОЧЕННОСТЬ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В СВЯЗИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОТЪЕМА ИЗ НЕЕ ЧАСТИ РЕЧНОГО СТОКА И ОСВОЕНИЯ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.— «Известия АН СССР, сер. географ.», 1977, № 5.

## Новые возможности ЭВМ — аналитические вычисления

В. П. Гердт, Д. В. Ширков



Владимир Петрович Гердт, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований (Дубна). Занимается развитием методов аналитических вычислений на ЭВМ и их применением в задачах физики элементарных частиц.



Дмитрий Васильевич Ширков, член-корреспондент АН СССР, начальник сектора Лаборатории теоретической физики того же института. Работает в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и статистической физики. Автор монографий: Введение в теорию квантованных полей (в соавторстве с Н. Н. Боголюбовым). М., 1976, изд. 3-е; Новый метод в теории сверхпроводимости (в соавторстве с Н. Н. Боголюбовым и В. В. Толмачевым). М., 1958; Дисперсионные теории сильных взаимодействий при низких энергиях (в соавторстве с В. А. Мещеряковым и В. В. Серебряковым). М., 1967. В «Природе» опубликовал статью: Развитие общих идей квантовой физики (1979, № 7). Лауреат Ленинской премии.

Широкое использование электронно-вычислительных машин (ЭВМ) — одна из наиболее характерных черт современного научно-технического прогресса. Сейчас едва ли найдется область науки и техники, где вычислительные машины не вносили бы важный, а подчас и решающий вклад в решение тех или иных проблем. Например, в результате опроса, проведенного журналом «Physics Today»<sup>1</sup>, выяснилось, что 90% физиков так или иначе используют в своей работе ЭВМ. Наряду с быстрым расширением сферы традиционных применений ЭВМ (численные вычисления, хранение и поиск

информации) сейчас открываются принципиально новые возможности использования вычислительных машин. И, пожалуй, наиболее впечатляющим является то, что современные ЭВМ могут производить аналитические выкладки, т. е. манипулировать с символьными математическими выражениями: упрощать алгебраические выражения (приводить подобные члены), дифференцировать, вычислять неопределенные интегралы от элементарных функций, решать дифференциальные уравнения и т. д.

Благодаря этому современные электронно-вычислительные машины можно с полным правом называть математическими машинами. С помощью машинной аналитики (так можно коротко назвать выполнение аналитических операций на ЭВМ) мы

<sup>1</sup> Levi B. «Physics Today», 1970, v. 23 (7), p. 49.

получаем точное решение задачи, которое в любом случае предпочтительнее приближенного. При этом машина не только производит различные математические операции над символьными выражениями, но и, в отличие от обычного численного счета, совершает арифметические действия без каких-либо округлений и ограничений на величину числа (т. е. на количество значащих цифр). Например, при численных операциях рациональное число  $1/3$  машина воспринимает только в виде десятичной дроби  $0,3333\dots$ , которая обрывается на определенном десятичном знаке в зависимости от длины машинного слова данной ЭВМ. В то же время при аналитических вычислениях машина манипулирует именно с дробью  $1/3$ , производя операции без всяких округлений, и в таком же виде выводит числа на печать. Это позволяет с большой эффективностью использовать ЭВМ для таких задач, которые хоть и допускают сугубо численное решение, но крайне чувствительны к потере точности на промежуточных этапах вычисления.

Любопытно, что еще в 1844 г. дочь Байрона Ада Августа, леди Ловлейс (покровительница английского математика Ч. Бэббеджа, разработавшего в 1833 г. проект «аналитической машины» — арифмометра с такими атрибутами современных ЭВМ, как программное управление, запоминающее и арифметическое устройство), отмечала, что любая точная процедура — как численная, так и аналитическая — может быть закодирована с помощью цифр и, следовательно, выполнена на компьютере<sup>2</sup>.

### СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Чтобы производить на машине как численные расчеты, так и аналитические вычисления, необходимо задать нужную программу, т. е. «сообщить» машине, какие операции и в какой последовательности ей надлежит выполнить.

Используя тот факт, что символы, как и числа, могут быть представлены в памяти ЭВМ в двоичном виде, т. е. с помощью набора нулей и единиц, можно, в принципе, запрограммировать аналитические вычисления прямо в терминах машинных команд. Именно этим путем и была впервые запрограммирована аналитическая операция — дифференцирование, которая алгоритмически довольно проста. Такое програм-

мирование, однако, крайне неудобно и чрезвычайно утомительно. И как для удобства численного программирования были разработаны языки ALGOL и FORTRAN, так и для упрощения процедуры аналитического программирования были созданы так называемые программные системы для аналитических вычислений. Каждая такая система «умеет» выполнять наиболее типичные аналитические операции: умножение полинома на полином, приведение подобных членов, замену символов или выражений на другие и т. д. Иначе говоря, чтобы выполнить на машине такие операции, которые называются встроенными в систему, достаточно дать ей соответствующую команду. Кроме того, каждая такая система имеет свой внешний язык, на котором и пишется программа решения рассматриваемой задачи. Внешний язык некоторых систем напоминает языки численного программирования, такие как ALGOL и FORTRAN, что, конечно, облегчает составление программ для тех, кто знаком с численным программированием. Другие системы имеют свой, ни на что не похожий, внешний язык. (Выбор того или иного языка определяется вкусами создателя программной системы.) Система сама переводит программу с внешнего языка на промежуточный язык, например LISP, либо прямо на машинный язык, после чего и выполняет аналитические операции. Кроме того, для каждой системы характерна своя форма распечатки результирующего аналитического выражения.

Некоторые из систем были созданы специально для решения определенного класса задач. К таким специализированным системам относятся: SCHOONSCHIP (разработана в Европейском центре ядерных исследований) — для вычисления диаграмм Фейнмана в квантовой теории поля; CLAM (Англия) — для проведения стандартных расчетов в общей теории относительности; SAMAL (Англия) — для решения задач небесной механики и общей теории относительности; АВТО-АНАЛИТИК (СССР) — для ряда задач математической физики.

Специализированные системы ориентированы чаще всего на очень длинные выкладки. Для них характерен узкий класс встроенных математических операций, использующих, как правило, специальные алгоритмы. Следствие этого — быстрота выполнения аналитических операций и сравнительно небольшие требования к объему оперативной памяти ЭВМ.

Кроме того, существуют так называемые системы общего назначения, такие как

<sup>2</sup> Fateman R. J. Algebraic Algorithms. Course Notes. University of California, 1976

SYMBAL (Швейцария), FORMAC и ALTRAN (США), АНАЛИТИК (СССР), в которые встроены операции, типичные для вычислений в самых разных областях естественных наук.

И, наконец, самые универсальные из существующих систем — это REDUCE-2, MACSYMA и SCRATCHPAD (все три разработаны в США)<sup>3</sup>. Они имеют наиболее широкую сферу приложений и намного превосходят остальные системы по своим встроенным возможностям. Достаточно сказать, что каждая из этих систем «умеет» брать неопределенные интегралы в классе элементарных функций, чего не делают другие системы. Источником мощи универсальных систем является лежащий в их основе язык LISP, специально предназначенный для обработки символической информации. Предоставляя широкие возможности для реализации тонких аналитических методов, LISP, однако, требует достаточно большого машинного времени на выполнение отдельных операций по сравнению со специализированными системами.

Системы для аналитических вычислений требуют, как правило, значительно большего объема памяти ЭВМ, чем программы численного счета: специализированные системы — в десять тысяч машинных слов, а универсальные — до сотен тысяч. Это связано, в первую очередь, с тем обстоятельством, что система должна содержать в себе все нужные ей алгоритмы, которые, в отличие от численных алгоритмов, как правило, очень громоздки. Кроме того, необходимость в большой памяти у ЭВМ, используемых для аналитических вычислений, продиктована тем, что все промежуточные выражения должны сохраняться в памяти машины в их полном объеме. (Ведь мы хотим получить точный ответ!) А в процессе счета они чаще всего сильно «разбухают». Это хорошо знакомо тем, кто сам проделывал сколько-нибудь длинные вычисления. Например, при умножении полинома на полином, прежде чем приводить подобные члены, мы обязаны выписать все члены произведения, а потом уже искать среди них подобные, чтобы произвести необходимые упрощения. Машина проделывает аналитические выкладки таким же образом

и до упрощения вынуждена держать в памяти весь промежуточный результат.

В силу этих причин современные программные системы для аналитических вычислений реализованы в основном на больших машинах, таких как IBM-360/370, CDC-6000/7000, CYBER-70/170, машины серии ЕС, начиная с ЕС-1040, БЭСМ-6 и др.<sup>4</sup> Уникальным примером системы, разработанной для малой ЭВМ, является уже упоминавшаяся система АНАЛИТИК для машин серии МИР-3, что, однако, ограничивает ее применение сравнительно небольшими задачами.

### ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОЙ АНАЛИТИКИ

В результате интенсивного развития нечисленных алгоритмов, опирающихся на широкие возможности современных вычислительных машин, системы аналитических вычислений на ЭВМ стали в последние годы мощным инструментом в фундаментальных и прикладных исследованиях. Особо пристальное внимание создателей программных систем с самого начала развития этой новой области применения ЭВМ, т. е. уже с середины 60-х годов, привлекли небесная механика, общая теория относительности и квантовая теория поля (квантовая электродинамика).

Ряд систем, среди них SCHOONSCHIP, REDUCE, CAMAL, CLAM, были разработаны непосредственно заинтересованными лицами — известными физиками-теоретиками М. Вельтманом, А. Херном, Д. Бартоном и Р. д'Инверно специально для приложений в перечисленных областях теоретической физики. Отличительной чертой задач, для решения которых были разработаны эти системы, является исключительная громоздкость выкладок при сравнительно узком классе требуемых математических операций для проведения наиболее

<sup>3</sup> Системы SCHOONSCHIP, CLAM, SYMBAL поставлены в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна) на машине CDC-6500, а системы CAMAL и FORMAC на машине ЕС-1040. Система REDUCE-2 имеется и на той, и на другой машинах.

<sup>4</sup> IBM-360/370 — семейство машин фирмы International Business Machines (США) с объемом оперативной памяти до 16 мегабайт (1 байт = 8 бит) и быстродействием до 15 млн операций/с; CDC-6000/7000 и Cyber-70/170 — семейство машин фирмы Control Data Corporation (США) с объемом памяти до 262 тыс. машинных слов и быстродействием до 15 млн операций/с. Имеющаяся в ОИЯИ машина CDC-6500 обладает памятью в 131 тыс. 60-разрядных слов и двумя центральными процессорами до 1 млн операций/с. ЕС-1040 — машина фирмы ROBOTRON (ГДР) с памятью до 1 мегабайта и средним быстродействием около 350 тыс. операций/с. БЭСМ-6 — советская ЭВМ с памятью до 128 тыс. 48-разрядных слов и быстродействием около 1 млн операций/с.



типичных вычислений. Именно в задачах такого рода применение ЭВМ оказалось особенно плодотворным.

**Небесная механика.** Интерес к ней подогревался еще и желанием проверить результаты, полученные в середине прошлого века Ш. Делоне, который приближенно решил уравнение движения Луны в поле тяготения Земли с учетом влияния Солнца. В своих вычислениях Делоне использовал метод теории возмущений; его позволяет применить наличие в этой задаче четырех малых параметров: эксцентриситетов лунной ( $i \approx 1/20$ ) и земной ( $i' \approx 1/60$ ) орбит, отношения размеров этих орбит ( $a/a' \approx 1/400$ ) и синуса угла наклона между плоскостями орбит ( $\gamma \approx \sin i \approx 1/11$ ). Для корректного решения уравнений движения Луны он разработал процедуру устранения так называемых вековых членов, растущих во времени по степенному закону и, следовательно, неперIODических во времени. Такие члены появляются при формальном разложении периодических функций по степеням малого параметра (например,  $\sin(\omega + \Delta\omega)t \approx \sin \omega t + t \cos \omega t \cdot \Delta\omega + \dots$ ), в то время как решение уравнений должно выражаться именно через периодические функции. С помощью этой процедуры Делоне удалось получить ответ с точностью до членов 7-го порядка малости (в задаче требовался учет высших порядков теории возмущений), но на весь расчет ушло около 20 лет<sup>5</sup>. В 1958 г. объем работ, необходимый для воспроизведения результатов Делоне на ЭВМ, оценивался экспертами в 200 человеко-лет программирования. К счастью, темпы развития машинной аналитики опровергли эти пессимистические прогнозы, и уже в 1970 г. три человека, разработав специальную систему для задач небесной механики, в течение года воспроизвели результаты Делоне. Причем сам счет на ЭВМ занял всего несколько часов машинного времени, остальное время ушло на разработку и отладку программ. Любопытно, что в многотомном труде Делоне, содержащем десятки тысяч формул, была обнаружена всего одна ошибка! Высокая точность, требуемая в задачах небесной механики, и связанная с ней необходимость обрабатывать выражения, включающие десятки, а иногда и сотни тысяч слагаемых, делают ЭВМ обязательным участником таких вычислений.

**Общая теория относительности.** В этой области первоначально системы аналитических вычислений на ЭВМ использовались для расчетов таких входящих в основные уравнения теории тяготения (уравнения Эйнштейна) величин, как тензоры Римана, Риччи, Эйнштейна, а также связанных с ними величин. Все они выражаются алгебраически через компоненты так называемого метрического тензора  $g_{\mu\nu}$ , определяющего пространственно-временной интервал (метрику)  $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$ , а также через его производные по координатам. Соответствующие выкладки, хотя и несложные по существу (они сводятся к операциям сложения, умножения, дифференцирования, манипуляциям с тензорными индексами), оказываются очень громоздкими. Используя системы, специально созданные для таких расчетов, например CLAM, достаточно задать компоненты метрического тензора как функции координат и сообщить машине, что требуется посчитать. Соответствующая программа получается очень компактной (несколько строк), а сами расчеты, даже для наиболее сложных метрик в современных моделях теории гравитации, занимают на больших ЭВМ всего лишь минуты машинного времени.

В последние годы с помощью ЭВМ проводятся и более тонкие исследования. В частности, удалось научить машину различать, к какому из четырех типов метрик принадлежит исследуемая (такая классификация была предложена А. З. Петровым). Согласно этой классификации, тип метрики определяется кратностью корней некоторого алгебраического уравнения четвертого порядка, коэффициенты которого выражаются через компоненты метрического тензора  $g_{\mu\nu}$ . Если машине задать метрику, она, используя специальный алгоритм, находит кратность корней уравнения (даже не решая его) и таким образом относит исследуемую метрику к соответствующему типу. Все это требует столь трудоемких и громоздких выкладок, что без участия машины выполнить их практически невозможно.

**Квантовая теория поля.** Эта третья традиционная область приложения машинной аналитики описывает взаимодействие и превращение элементарных частиц. Поскольку способы точного решения уравнений квантовой теории поля не найдены, ее единственным развитым вычислительным методом является метод теории возмущений. С его помощью удается получить решения уравнений квантовой теории поля (выражений для амплитуд вероятностей различных

<sup>5</sup> Delauney C. Theorie du Mouvement de la Lune. P., 1860.

процессов) в виде рядов по степеням константы связи — параметра, характеризующего силу взаимодействия элементарных частиц. Степень константы связи отражает число учтенных актов взаимодействия. Алгоритм построения ряда теории возмущений был разработан Р. Фейнманом, который каждому процессу взаимодействия и превращения частиц дал наглядное графическое изображение (диаграмму Фейнмана), а каждой такой диаграмме поставил в соответствие определенное математическое выражение. (В высших порядках теории возмущения оно представляет собой многократный интеграл — интеграл Фейнмана.)

Объем вычислений по теории возмущений крайне быстро возрастает с ростом ее порядка. Так, для получения решения в  $K$ -м порядке необходимо учесть вклад  $\sim K!$  диаграмм, а для каждой диаграммы число слагаемых под знаком интеграла может достигать  $(2K-1)!!$ . Ясно, что в этих условиях продвижение в высшие порядки теории возмущений невозможно без использования вычислительных машин. Применение аналитических выкладок на ЭВМ оказалось весьма плодотворным на каждом этапе вычислений по диаграммной технике Фейнмана: при построении диаграмм данного порядка теории возмущений для рассматриваемого процесса; при нахождении подынтегрального выражения для интеграла Фейнмана; устранении возникающих расходимостей, присущих квантовой теории поля; вычислении интегралов Фейнмана.

Среди многочисленных примеров применения машинной аналитики в квантовой теории поля наиболее впечатляет, пожалуй, вычисление в шестом порядке теории возмущений такой фундаментальной физической величины, как аномальный магнитный момент электрона ( $a$ ). Он определяется как вклад в полный магнитный момент электрона  $\mu = \mu_0(1+a)$ , обусловленный испусканием и поглощением виртуальных фотонов. При учете этих процессов электрон уже не может рассматриваться как точечная частица. Отметим, что магнитный момент  $\mu_0$ , соответствующий именно точечному электрону, равен магнетону Бора  $e/2m$ , где  $e$  — заряд электрона,  $m$  — его масса. Величину  $a$  можно представить в виде ряда теории возмущений по степеням постоянной тонкой структуры ( $\alpha^{-1} = 137,035987 \pm 2,9 \cdot 10^{-5}$ ):

$$a = a_2 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right) + a_4 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2 + a_6 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^3 + a_8 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^4 + \dots$$

И если  $a_2$  и  $a_4$  были точно вычислены без

помощи ЭВМ более двадцати лет назад, то вычисление вклада от члена разложения шестого порядка по  $e(a_6)$  оказалось невозможным без использования вычислительных машин. Еще семь лет назад из 40 различных диаграмм, дающих вклад в  $a_6$ , лишь 5 были вычислены аналитически и все с помощью системы SCHOONSCHIP. Сегодня же благодаря машинной аналитике мы знаем точный ответ для 30 диаграмм и лишь 10 вычислены численно. Как следствие этого удалось в 10 раз уменьшить погрешность<sup>6</sup> в теоретическом определении величины  $a_6$ . С другой стороны, точность, с которой магнитный момент электрона  $\mu$  был определен экспериментально, за это время тоже возросла. В результате (см. табл. 1) расчеты оказались в блестящем согласии с экспериментальными данными. Для  $\mu$  это означает совпадение теории и эксперимента на уровне  $10^{-10}$ , что является беспрецедентным фактором в истории науки. Это не только еще один триумф квантовой электродинамики, но и демонстрация огромной роли вычислительных машин в современных аналитических расчетах. Недавно начата поистине грандиозная вычислительная работа по определению значения  $a_8$  — вклада восьмого порядка в аномальный магнитный момент электрона. Здесь необходимо учитывать уже 430 различных диаграмм. Причем если при вычислении  $a_6$  приходилось манипулировать с выражениями длиной до 24 тыс. слагаемых, то в диаграммах для  $a_8$  они еще в 10—20 раз длиннее. По оценкам специалистов, расчет  $a_8$  с 10-процентной точностью потребует 4—6 человеко-лет труда.

**Математика.** Конечно, сфера применения средств аналитических выкладок на ЭВМ даже в физике далеко не исчерпывается рассмотренными выше областями. Сейчас имеются очень интересные результаты, полученные с помощью машинной аналитики в физике плазмы, гидродинамике, физике атмосферы, оптике, геофизике и т. д. Многочисленные примеры имеются не только в других областях

<sup>6</sup> Погрешность численного счета возникает при вычислении многократных интегралов Фейнмана (для  $a_6$  — семикратных), которые, как правило, имеют интегрируемые особенности. Наиболее приемлемым численным методом вычисления таких интегралов является метод Монте-Карло. Этот метод требует, однако, крайне больших затрат машинного времени для достижения расчетной точности, необходимой для сравнения с экспериментом.

Таблица 1

Сравнение экспериментальных и теоретических данных для аномального магнитного момента электрона

Год	Число вычисленных диаграмм 7-го порядка		$a_6^{теор}$ $a_6^{теор}$	$a_6^{экс}$ $a_6^{экс}$	$\frac{\Delta a_6^{экс}}{a_6^{экс}}$
	аналитически	численно			
1973	5	35	$1,21 \pm 0,07$ $\{1\ 159\ 651,9 \pm 2,5\} \cdot 10^{-9}$	$1,60 \pm 0,33$ $\{1\ 159\ 656,7 \pm 3,5\} \cdot 10^{-9}$	$3,5 \cdot 10^{-9}$
1979	30	10	$1,184 \pm 0,007$ $\{1\ 159\ 652,41 \pm 0,20\} \cdot 10^{-9}$	$16\ 189 \pm 0,025$ $\{1\ 159\ 652,41 \pm 0,20\} \cdot 10^{-9}$	$20 \cdot 10^{-10}$

Таблица 2

Типичные примеры затрат машинного времени на решение дифференциальных уравнений\* с помощью программы EULE

№ уравнения	1.348	1.164	1.33	1.313	1.293	1.120
Время счета, с	0,5	2,5	3,2	27	1	1,5

\* Примеры взяты из «Справочника по обыкновенным дифференциальным уравнениям» [Камке Э. М., 1976].

Таблица 3

Результаты проверки программы EULE на машине IBM-370/168

Сборник	Число заданных уравнений	Из них решено, %
Э. Камке	333	90
Дж. Мерфи	715	95
И. Инса	121	100
М. Шпигеля	76	100

естественных наук, но и в технике. Мы, однако, остановимся здесь лишь на применении аналитических вычислений на ЭВМ в математике. Программные системы сейчас успешно применяются для решения дифференциальных, интегральных, разностных уравнений, вычисления неопределенных и определенных интегралов, исследования математических выражений и для многих других целей.

Например, в ФРГ была создана специальная программа EULE, предназначенная для решения на ЭВМ дифференциальных уравнений следующего вида:

$$f(x,y)y' + g(x,y) = 0.$$

В эту программу (она была написана на языке PL/1) заложены методы решения

дифференциальных уравнений, которые обычно излагаются в учебниках для вузов. Чтобы проверить программу EULE, были рассмотрены 1245 уравнений, решения которых известны<sup>7</sup>. Результаты такого теста, проведенного на машине IBM-370/168, и характерные времена машинного счета содержатся в табл. 2 и 3. Примечательно, что в ряде случаев машина находила более изящный и экономичный метод решения, нежели тот, который использовался в литературе. Те же дифференциальные уравнения, которые не удалось решить с помощью программы EULE, решаются либо заменой переменных, которую программа не сумела найти, либо серией последовательных подстановок, либо методом, не запрограммированным в EULE.

### КАК МАШИНА ПРОИЗВОДИТ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫКЛАДКИ

Примечательно, что аналитические выкладки удалось реализовать на цифро-

<sup>7</sup> Уравнения были выбраны из следующих сборников: Камке Э. Справочник по дифференциальным уравнениям. М., 1976; Murphy G. Ordinary Differential Equations. Princeton, 1960; Ince E. Die Integration Gewöhnlicher Differentialgleichungen. Mannheim, 1960; Spiegel M. Applied Differential Equations. N. Y., 1958.

вых (!) вычислительных машинах. Это потребовало, однако, разработки весьма тонких методов программирования. Сами по себе символы А, В, С..., +, —, \* (знак умножения), / (знак деления) и т. д. «известны» любой современной машине. Известны в том смысле, что каждый из них, как и любое число, имеет вполне определенный двоичный код, т. е. запись в виде набора нулей и единиц. Языки численного программирования, такие, например, как хорошо известные ALGOL и FORTRAN, также широко используют символы. Однако

00100000	01000100	10110000	10010100
541 372 584 = $2^{29} + 2^{22} + 2^{18} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{12} + 2^7 + 2^4 + 2^2$			
01010011	01000101	01010001	01001101
T	E	R	M

Пример записи чисел [вверху] и символов [внизу] в памяти ЭВМ с помощью двоичного представления, т. е. определенной последовательности нулей и единиц. На рисунке показано машинное слово ЭВМ сарни ЕС, состоящее из 32 двоичных разрядов, или бит. Количество бит в слове и определяет максимальную величину целого числа, с которым может работать машина [в нашем случае это  $2^{31} - 1 = 2^{30} + 2^{29} + \dots + 2^0$ ]. Последовательность бит, содержащаяся в слове, может по-разному интерпретироваться машиной. Она может означать, например, целое число, записанное в двоичной системе счисления. При этом первый бит обозначает знак числа [0 — в случае положительного числа, 1 — в случае отрицательного], остальные же биты представляют собой коэффициенты разложения данного числа по степеням двойки. Машинное слово может содержать также символическую информацию, и в частности строку из 4 букв [в нашем случае TERM]. Каждому символу соответствует 8 бит [или 1 байт, представляющий собой минимальную единицу информации, которую обычно обрабатывает ЭВМ]. При этом буквы латинского алфавита имеют определенный двоичный код: А=01000000, В=01000001, С=01000010 и т. д. Определенное двоичное представление имеется и для знаков препинания, символов арифметических операций, скобок и т. д. Им отведены двоичные коды от 00000001 до 00111111.

в случае численных вычислений они играют вспомогательную роль и служат для описания команд, обозначения определенных чисел, операций над ними и т. д., в то время как объектом манипуляций являются числа.

Например, в ответ на команду  $Y = X + 1$ , где  $X$  — некоторое число, запи-

санное в памяти ЭВМ, машина выполнит операцию сложения числа  $X$  с единицей, а результат присвоит переменной  $Y$ . Если же через  $X$  обозначен некоторый символ, который ранее не был определен как число, то машина немедленно выдаст сигнал об ошибке и прекратит вычисления. Принципиально иная ситуация складывается в случае аналитических выкладок. Здесь уже объектом манипуляций становятся сами символы и символичные выражения (формулы), которые, разумеется, могут включать и числа. Отсюда следует, что аналитические вычисления на ЭВМ возможны только тогда, когда машина знает о символических выражениях (т. е. они имеют определенное представление в ее памяти) и умеет с ними обращаться (т. е. над заданным представлением реализованы операции, соответствующие требуемым аналитическим преобразованиям).

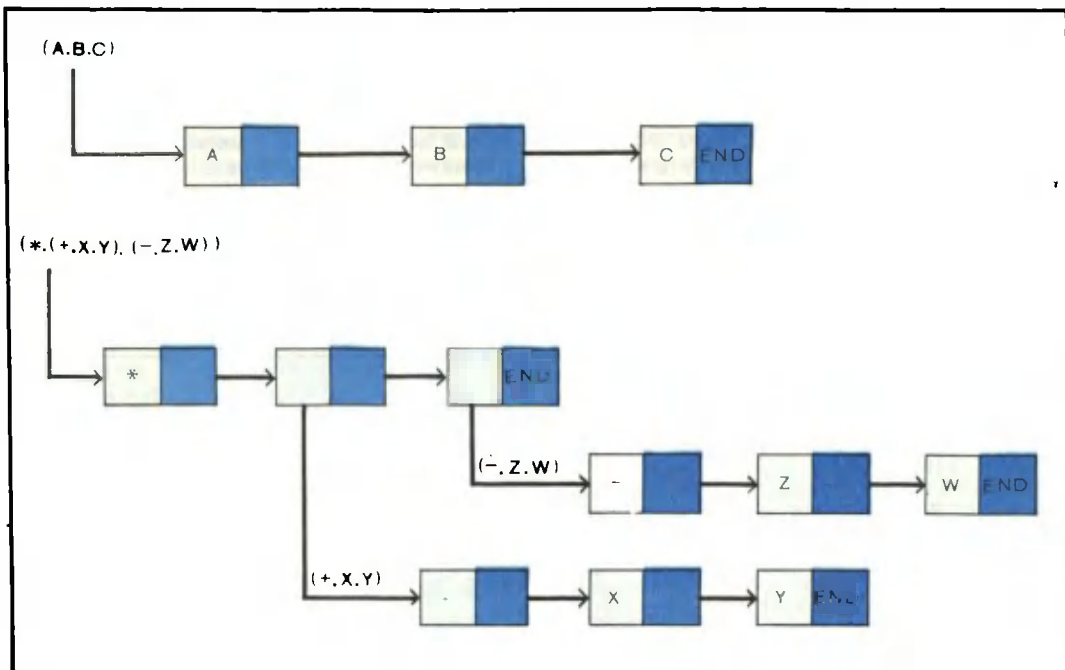
Символьные выражения допускают, вообще говоря, различные представления в памяти ЭВМ. Например, одночлен  $5/3x^2y$  как функция переменных  $x, y, z$  (в данном случае  $z$  имеет нулевую степень) может быть совершенно однозначно представлен последовательностью чисел 5, 3, 2, 1, 0, которые записываются в ЭВМ в двоичном коде. Такая форма записи, не использующая символы, очень компактна, однако на ее основе довольно трудно запрограммировать даже самые простые нечисловые операции, скажем дифференцирование.

Несравненно удобнее для аналитических преобразований представление выражения в виде так называемого списка. Такое представление и лежит в основе алгоритмического языка LISP, созданного специально для обработки символической информации. В настоящее время именно он является основой самых развитых средств аналитического программирования.

Список представляет собой последовательность элементов (А, В, С...), каждый из которых может быть либо простейшим элементом (атомом) — числом, символом или буквенно-цифровой строкой (например, 2, N, NATURE, X1Y2Z3), либо сам является списком (подсписком данного списка). Например, символическое выражение  $X + Y$  можно представить в виде списка следующим образом: (+ X Y). Такой порядок записи используется в языке LISP. Знаки математических операций выносятся вперед, а точка разделяет элементы списка. Другой пример более сложного списка:

$$(X + Y)(Z - W) \rightarrow (+(X, Y).(Z, W)).$$

Далее заданная математическая операция, будь то раскрытие скобок, приведе-



Примеры представления в памяти ЭВМ: вверху — списка [A. B. C], элементы которого являются атомами, внизу — более сложного списка [(+.X.Y). (-.Z.W)], соответствующего символическому выражению  $[X+Y][Z-W]$ . Каждому элементу списка соответствует ячейка памяти ЭВМ (на рис. изображена в виде прямоугольника), например машинное слово. В ней записываются два числа, которые называются указателями. Первый указатель дает числовой адрес, т. е. поле памяти ЭВМ для данного элемента, второй — адрес ячейки, соответствующей следующему элементу списка (для наглядности атомы помещены на места своих указателей). Рассмотрим для примера список [A. B. C]. Этому списку соответствует цепочка ячеек, первая из которых сопоставляется элементу A. Первая часть этой ячейки является указателем элемента A. Вторая часть (показана на рис. цветом) — указатель следующего за A элемента B, иначе говоря, во второй части первой ячейки содержится адрес ячейки, соответствующей элементу B. Поэтому на рисунке изображена стрелка, выходящая из второй части первой ячейки и указывающая на ячейку памяти ЭВМ, сопоставленную элементу B. Совершенно аналогично связаны элементы B и C рассматриваемого списка. Ячейка, соответствующая последнему элементу списка, содержит указатель на специальный атом END, определенным образом записанный в памяти ЭВМ (он также помещен на место своего указателя). В том случае, когда элемент списка сам является списком (подсписком), ему соответствует не одна ячейка памяти, а целая цепочка их. Тогда весь исходный список изображается в виде некой разветвленной цепи, каждая ветвь которой соответствует подсписку данного списка, как это имеет место в случае, изображенном внизу.

ние подобных членов, дифференцирование и т. д., означает некоторое преобразование соответствующего списка. Важно отметить, что каждое такое преобразование сводится к следующим пяти основным операциям<sup>8</sup> над списками и их элементами:

- I. Выделение первого элемента списка  $(A. B. C...) \rightarrow A$ ;
- II. Выделение остатка  $(A. B. C...) \rightarrow (B. C...)$ ;
- III. Объединение двух списков в один  $(A), (B) \rightarrow (A. B)$ ;
- IV. Проверка, является ли данный элемент списка атомом или подсписком;
- V. Проверка на совпадение двух атомов.

Чтобы понять, как машина выполняет эти операции, рассмотрим представление списка в памяти ЭВМ. Каждому элементу списка ставится в соответствие ячейка памяти, скажем машинное слово, содержащее два числа, которые называются указателями. Первый указатель дает числовой адрес, т. е. поле памяти ЭВМ, в котором содержится данный элемент. Второй указатель дает адрес ячейки, соответствующей следующему элементу списка. В результате списку сопоставляется некоторая цепочка машинных слов.

<sup>8</sup> Этим операциям в LISP соответствуют обозначения CAR, CONS, ATOM и EQ.

Вернемся к операциям I—V. Для выполнения операции I достаточно последовать по тому указателю, который дает адрес первого элемента списка. Аналогично второй указатель первого элемента дает адрес той части списка, которая остается после отделения первого элемента и является результатом операции II. Операция III означает присоединение цепочки списка (A) к цепочке списка (B). Если список характеризуется цепочкой машинных слов и, соответственно, последовательностью указателей, то атом характеризуется лишь од-

Покажем теперь, как, используя операции I—V, можно реализовать на ЭВМ приведение подобных членов — основу аналитических преобразований. Применяя операцию I сначала к полному списку, потом к остатку и т. д., можно выделить все элементы списка, соответствующие отдельным членам исходного выражения. Более того, применение операций I и II позволяет проанализировать структуру каждого элемента вплоть до атомарной. Иначе говоря, выделение подэлементов производится до тех пор, пока проверка IV не даст сиг-

```
DIMENSION P(5)
X=1
P(1)=X
P(2)=-3/2*X**2-1/2
DO 1 N=3,5
P(N)=-((2*N-1)*X+P(N-1)-(N-1)*P(N-2))/N
1 PRINT 2,N,P(N)
2 FORMAT(2HP(,11,3H) =F3.1)
END
```

P(3) =-1.0  
P(4) =-1.0  
P(5) =-1.0

```
ARRAY P(5);
P(1):=X;
P(2):=(-3*X2-1)/2
FOR N:=3,5 DO
BEGIN
P(N):=((2*N-1)*X+P(N-1)-(N-1)*P(N-2))/N;
WRITE P(,N, ) =.P(N)
END;
```

P(3) =-(X\*(5\*X<sup>2</sup>-3))/2  
P(4) =-(35\*X<sup>4</sup>-30\*X<sup>2</sup>+3)/8  
P(5) =-(X\*(63\*X<sup>4</sup>-70\*X<sup>2</sup>+15))/8

Программы вычисления полиномов Лежандра на языке FORTRAN (слева) и языке REDUCE-2 (справа). В обеих программах использовано известное рекуррентное соотношение

$$P(N) = ((2N-1)XP(N-1) - (N-1)P(N-2))/N$$

[где N — номер полиномов Лежандра, X аргумент]. Принципиальное отличие этих программ заключается в следующем. В первом случае обязательно задается числовое значение аргумента X (у нас — полином Лежандра вычисляется в точке X=1). Если это не сделано, то встретив команду, содержащую переменную X, машина выдаст сообщение об ошибке и не станет воспринимать дальнейшую часть программы. Во втором случае X используется как символ на протяжении всей программы и ему не присваивается какого-либо числового значения. ЭВМ, оперируя согласно программе на языке FORTRAN, выдаст значение полиномов в точке задания аргумента, а согласно REDUCE-2-программе — аналитический вид этих полиномов (результаты вычислений даны внизу).

ним указателем, дающим его положение в памяти ЭВМ. Поэтому операция IV основана на анализе структуры указателей данного элемента. Наконец, в ходе операции V производится сопоставление двоичных кодов двух рассматриваемых атомов.

нала о том, что данный подэлемент является атомом. После этого можно сравнивать отдельные члены, используя проверку V. Пусть два слагаемых имеют одинаковую структуру с точностью до численного коэффициента, который является вполне определенным элементом соответствующих им подсписков. Тогда можно построить подсписок с суммарным численным коэффициентом. Собирая таким образом все подобные члены и объединяя их в общий список с помощью операции III, мы получим машинное представление заданного выражения с приведенными подобными членами.

Аналогичным образом можно реализовать, в принципе, и другие операции аналитических преобразований, если, конечно, разработан алгоритм (четкая схема) их выполнения. Скажем, научить машину выполнять такую операцию, как дифференцирование, сравнительно просто. Для этого достаточно задать правила дифференцирования суммы, произведения, отношения функций, сложной функции, а также таб-

лицу производных элементарных функций  $e^x$ ,  $\ln x$ ,  $\sin x$ ,  $x^n$  и т. д. Несравненно более сложна задача построения алгоритма обратной дифференцированию операции — интегрирования. (Именно поэтому брать интегралы гораздо труднее, чем дифференцировать!) Для интегралов, которые выражаются через элементарные функции, эта задача была решена всего лишь десять лет назад в блестящих работах Р. Риша<sup>9</sup>. Алгоритм Риша позволяет ответить на вопрос, берется заданный интеграл в элементарных функциях или нет, а если берется, то дает рецепт его нахождения. При этом не приходится обращаться к каким-либо таблицам интегралов. В этом и состоит отличие алгоритмического подхода от эвристического. В настоящее время алгоритм Риша встроен в самые развитые средства аналитического программирования — универсальные системы — и тем самым позволяет с их помощью осуществлять интегрирование на ЭВМ. Причем если интеграл в элементарных функциях берется — машина выдает нужный ответ, если не берется — она сообщает об этом.

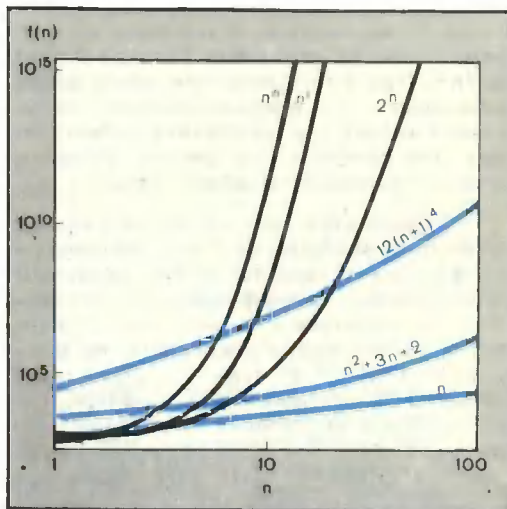
### ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛГОРИТМОВ

Для практической реализации аналитических выкладок на ЭВМ мало иметь некоторый алгоритм. Очень важно, чтобы этот алгоритм был эффективным, т. е. экономичным по затратам машинного времени. Ведь в практически интересных задачах длина символьных выражений может достигать десятков, а иногда и сотен тысяч слагаемых. В этих условиях одной из важнейших характеристик алгоритма становится поведение времени счета как функции длины обрабатываемых выражений.

В соответствии с этим все алгоритмы принято сейчас разделять на две группы. К первой относятся алгоритмы полиномиального типа — время счета при их использовании растет по степенному закону с ростом размеров задачи. Ко второй — алгоритмы, время счета по которым растет быстрее любой конечной степени; они называются алгоритмами экспоненциального типа и считаются неэффективными, поскольку машинное время, выделяемое исследователю на обсчет задачи, обычно не превышает нескольких часов и быстро

исчерпывается при практическом использовании таких алгоритмов. Напротив, алгоритмы полиномиального типа классифицируются как эффективные. Очевидно, однако, что для практических приложений очень важно не только то, что данный алгоритм является полиномиальным, но и степень роста времени счета при его использовании.

Рассмотрим конкретный пример, очень актуальный для аналитических выкладок. Весьма часто при решении различных задач приходится производить операции с рациональными функциями, т. е. отно-



Зависимость времени счета, представленного на графике в виде некой условной функции  $f(n)$ , от размера задачи, задаваемого числом  $n$ , для различных алгоритмов полиномиального и экспоненциального типов. Функции  $12(n+1)^4$  и  $n^2 + 3n + 2$  описывают, соответственно, поведение времени счета при использовании обобщенного алгоритма Евклида и модулярного алгоритма поиска наибольшего общего делителя двух полиномов одной переменной степени  $n$ . Таблица количественно иллюстрирует преимущество алгоритмов полиномиального типа.

Функция $f(n)$	Тип алгоритма	$f(1)$	$f(10)$	$f(100)$
$n$	полиномиальный	1	10	100
$n^2 + 3n + 2$	полиномиальный	6	132	$1,03 \cdot 10^4$
$12(n+1)^4$	полиномиальный	192	$1,76 \cdot 10^3$	$1,25 \cdot 10^9$
$2^n$	экспоненциальный	2	1024	$1,27 \cdot 10^{10}$
$n!$	экспоненциальный	1	$3,63 \cdot 10^6$	$9,31 \cdot 10^{15}$
$n^n$	экспоненциальный	1	$10^{10}$	$10^{100}$

<sup>9</sup> Risch R. «Transactions of the American Mathem. Soc.», 1969. v. 76. p. 605.

шениями полиномов от одной или нескольких переменных с целыми коэффициентами. При этом крайне важно уметь сокращать числитель и знаменатель рациональной функции, находя их наибольший общий делитель. Эта проблема в случае натуральной числовой дроби легко решается с помощью классического алгоритма Евклида. Его идея состоит в следующем: если  $z$  — наибольший общий делитель двух натуральных чисел  $x$  и  $y$ , то при равенстве этих чисел он совпадает с любым из них, а в противном случае тот же самый наибольший общий делитель  $z$  имеют и разность между этими числами и меньшее из них. Время счета по алгоритму Евклида растет как  $l \cdot n^2$  (где  $l$  — длина, или число цифр, наибольшего из рассматриваемых натуральных чисел), т. е. медленнее любой степени. Это означает, что данный алгоритм является чрезвычайно эффективным.

Оказывается, что алгоритм Евклида может быть обобщен на случай рациональной функции и сводится к определенным манипуляциям с коэффициентами полиномов в ее числителе и знаменателе. В этом случае, однако, время счета растет по закону  $l \cdot n^2 \cdot 1(n+1)^{4m} 2^{2m} 3^m$  (где  $l$  — длина наибольшего из числовых коэффициентов,  $n$  — максимальная из степеней независимых переменных, а  $m$  — их число для данной рациональной функции). Хотя этот алгоритм и является эффективным для фиксированного  $m$  (а по  $m$  он является экспоненциальным, т. е. неэффективным, как и другие алгоритмы нахождения наибольшего общего делителя), он требует очень больших затрат машинного времени для  $n \gg 1$ . Например, для полиномов одной переменной он ведет себя (при заданном  $l$ ) как  $12(n+1)^4$ , и если попытаться найти наибольший общий делитель двух полиномов степени 100, все коэффициенты которых отличны от нуля, то даже на такой мощной машине, как CDC-6600, на это потребуется около 12 ч машинного времени.

Гораздо более эффективен так называемый модулярный алгоритм, основанный на использовании арифметики конечных остатков. В такой арифметике целое число  $p$  представляется в виде остатков  $(r_1, r_2, \dots, r_s)$  по заданному набору взаимно простых, т. е. имеющих наибольший общий делитель, равный 1, целых чисел  $(m_1, m_2, \dots, m_s)$ . Это значит, что  $p = q_i m_i + r_i$  для целых  $q_i$  и  $r_i$  таких, что  $0 \leq r_i < m_i$ . Модулярный алгоритм использует арифметику конечных остатков при манипуляциях с коэффициентами полиномов и имеет по сравнению с обоб-

щенным алгоритмом Евклида более эффективное поведение времени счета:  $(n+1)^m \ln^2 n + (n+1)^{m+1} \ln n$ . В случае полиномов одной переменной ( $m=1$ ) с неслишком длинными коэффициентами ( $\ln n \approx 1$ ) поведение времени счета имеет квадратичную зависимость от  $n$ :  $(n+1)(n+2) \sim n^2$ . И если для двух полиномов степени 100 вычисление по обобщенному алгоритму Евклида на CDC-6600 может занять день машинного времени, то модулярный алгоритм справится с этими полиномами за несколько секунд (!). Именно поэтому в настоящее время модулярный алгоритм настроен во многие развитые программные системы, в том числе во все три универсальные: REDUCE-2, MACSYMA и SCRATCHPAD.

## ПЕРСПЕКТИВЫ

По всей видимости машинная аналитика будет развиваться еще более быстрыми темпами и находить новые плодотворные сферы применения. Важно подчеркнуть, что массовое использование ЭВМ для аналитических выкладок требует кардинального решения проблемы машинной памяти. Это позволит реализовать мощные программные системы на малых ЭВМ. Ясно, что далеко не все задачи могут быть решены чисто аналитическими методами. Чаще всего удастся лишь часть расчетов провести аналитически, а остальную часть — численно. При этом аналитические выкладки, как правило, резко повышают точность вычислений по сравнению с сугубо численными расчетами. Поэтому важным источником дальнейшего расширения области применения вычислительных машин станет эффективная реализация на них численно-аналитических выкладок. Разумеется, каждая система аналитических вычислений имеет аппарат и чисто численных расчетов. Однако специфика таких систем приводит к значительно более медленному численному счету по сравнению с обычными численными системами, такими как FORTRAN и ALGOL. Именно это обстоятельство и усложняет синтез аналитических и численных систем. Данная проблема интенсивно исследуется в настоящее время и, мы надеемся, будет вскоре решена. Нет сомнения, что гармоничное сочетание возможностей современных ЭВМ сделает их поистине универсальным инструментом решения чрезвычайно широкого круга задач в самых разнообразных областях естествознания.



НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС

## Ферментативные детекторы слабых сигналов и перспективы их применения в медицинской диагностике

Член-корреспондент АН СССР

**И. В. Березин,****К. Мартичек,**

доктор химических наук

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Член-корреспондент АМН СССР

**В. Н. Смирнов,****В. П. Торчилин,**

кандидат химических наук

Академик **Е. И. Чазов**Всесоюзный кардиологический научный центр АМН СССР,  
Москва

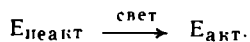
Одно из важнейших свойств ферментов, уникальных биологических катализаторов, заключается в том, что их сложная и пространственная структура изменяется под действием очень слабых внешних воздействий различной природы,<sup>1</sup> а значит, изменяется также и их каталитическая активность<sup>1</sup>. Именно благодаря этому свойству ферментов в последнее время удалось создать с помощью ферментативных систем своеобразные химические усилители слабых сигналов. Рассмотрим принципы функционирования таких датчиков.

### ИСКУССТВЕННЫЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ХИМИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ СЛАБЫХ СВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ

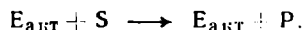
Как известно, до сих пор для получения фотографических изображений наиболее широко применяют галогениды серебра, суспендированные в гелях желатин. При поглощении кванта света галогенид серебра разлагается, образуя атомы серебра, которые выполняют роль катализаторов последующего проявления. Как

было показано лет десять тому назад в МГУ, более чувствительную систему можно создать с помощью ферментов<sup>2</sup>.

Идея состоит в следующем. Необходимо каким-либо образом получить такое неактивное производное фермента ( $E_{неакт}$ ), каталитическая активность которого восстанавливается под действием света:



В этом случае, если в систему добавить субстрат (соединение  $S$ , с которым фермент специфически взаимодействует), световой сигнал будет инициировать каталитическую реакцию. Следовательно, световой сигнал, «зародивший» в системе каталитическую активность, приведет к образованию почти неограниченного количества молекул продукта  $P$  (в зависимости от времени протекания темновой реакции):



Если этот продукт окрашен, то в качестве ответа даже на один (реально не воспри-

<sup>1</sup> Березин И. В., Мартичек К. Основы физической химии ферментативного катализа, 1977.

<sup>2</sup> Березин И. В., Варфоломеев С. Д., Мартичек К. «Доклады АН СССР», 1970, т. 193, с. 932.

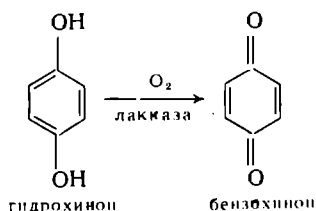
нимаемый) квант. света образуется окрашенное вещество, которое легко увидеть.

В принципе получить каталитически неактивное производное фермента не так уж трудно, и химия белка знает различные методы (в частности, химический), позволяющие достичь этой цели. Основная задача состоит в том, чтобы найти такую модификацию, «отравляющее» действие которой на фермент можно впоследствии снять светом. В настоящее время разработан ряд приемов, позволяющих «привить» ферментативной системе чувствительность к свету и заставить ее тем самым дать «химический ответ» на слабый световой сигнал. Разумеется, реализовать этот путь — сугубо индивидуальная для каждого фермента задача. Поэтому здесь обратим внимание лишь на наиболее универсальный подход, предложенный в МГУ<sup>3</sup> и основанный на методе иммобилизации фермента (под иммобилизацией понимают процесс химического или нехимического связывания фермента на каком-либо носителе). Функциональные группы R исходного носителя не взаимодействуют с ферментом. Однако под действием света они претерпевают химическое превращение ( $R \rightarrow X$ ) с образованием групп (или фрагментов носителя), способных химически реагировать с ферментом или его сорбировать. Таким образом, фермент E оказывается на поверхности носителя, куда попал свет, а в неосвещенном участке его не будет:



«Пришитый» фермент можно увидеть, если обработать носитель раствором субстрата, который превращается под действием фермента в окрашенный продукт. В этом случае очень удобны для работы окислительно-восстановительные ферменты (оксидоредуктазы). Например, лакказа катализирует окисление кислородом воздуха бесцветного субстрата гидрохинона. Образующийся бензохинон дает с гидрохино-

ном комплекс черного цвета, практически нерастворимый в воде:

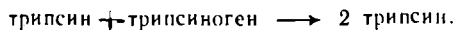


Другой пример: тетраметилбензидин (бесцветное соединение) в реакции, катализируемой пероксидазой, окисляется под действием перекиси водорода до смеси черно-коричневых продуктов. В принципе, подходящих «цветных» ферментативных реакций существует множество.

Можно не сомневаться, что в будущем на основе искусственных ферментативных систем будут разработаны новые фотографические процессы<sup>4</sup>.

#### МЕХАНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ

Датчик, чувствительный к слабым механическим сигналам, можно создать с помощью ферментов удивительно просто<sup>5</sup>. Так, можно использовать блок (пластинки) из полимерного геля (например, полиакриламидного), в котором протекает химическая реакция между двумя высокомолекулярными соединениями. Такой реакцией может быть, например, белок-белковое взаимодействие, в частности ферментативная автокаталитическая реакция образования фермента трипсина (мол. масса 25 000) из близкого по массе трипсиногена:



В гелях низкой концентрации (т. е. при наличии в геле крупных пор) реакция белок-белкового взаимодействия протекает при-

<sup>3</sup> Martinek K., Berezin I. V. «Photochem. Photobiol.», 1979, v. 29, p. 637; Березин И. В., Мартичек К. «Успехи химии», 1979, т. 48, с. 1921.

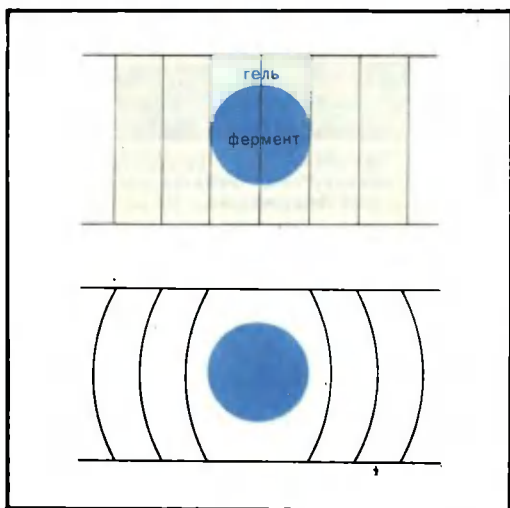
<sup>4</sup> Berezin I. V., Kazanskaya N. F., Martinek K. — In: Future Directions for Enzyme Engineering. N. Y., 1980.

<sup>5</sup> Berezin I. V., Martinek K. et al. — In: Biomedical Application of Immobilized Enzymes. N. Y., 1977; Березин И. В., Казанская Н. Ф., Мартичек К. «Журн. физической химии», 1975, т. 49, с. 2519.

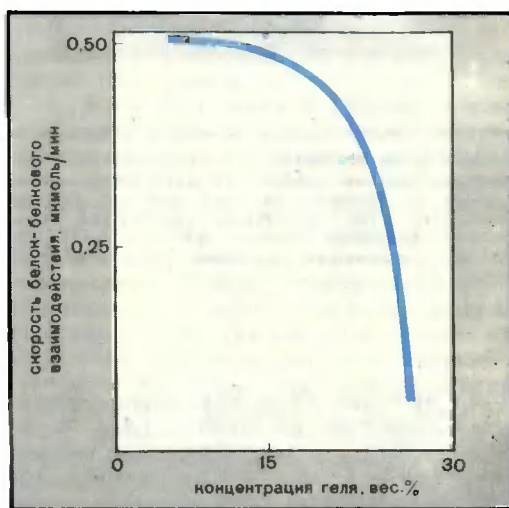
мерно с той же скоростью, как и в воде. Но в гелях высокой концентрации (т. е. в мелкопористом носителе) реакция практически не идет. Суть этого интересного явления проста: в концентрированных гелях (т. е. при высокой плотности полимерных цепей носителя) белковые молекулы, будучи довольно большими по размерам (~30 Å), как бы зажаты в пространственные ячейки полимерного геля и попросту лишены возможности диффундировать. Тем самым они, в принципе, не могут взаимодействовать друг с другом. Если такой концентрированный гель механически

сжать, то скорость протекающей в нем белок-белковой реакции возрастет в десятки раз. После снятия нагрузки скорость реакции возвращается к исходному низкому уровню. Такую процедуру можно повторять многократно с сохранением эффекта «увеличение — уменьшение» скорости реакции.

В присутствии субстрата, способного ферментативно превращаться в окрашенный продукт, механический «сигнал» можно, в принципе, увидеть, поскольку там, где образовался фермент, появляется окрашенный продукт.



Схема, иллюстрирующая принцип регулирования скорости реакции на молекулярном уровне. Молекула фермента, находясь в концентрированном геле, практически не может участвовать в реакции (в е р х у). После механического сжатия в результате деформации ячеек геля фермент «освобождается» и скорость реакции сильно возрастает (в н и з у).



Зависимость скорости белок-белкового взаимодействия от концентрации геля.



Зависимость скорости ферментативной реакции от состояния ферментативной системы.

Ферментативный детектор механических сигналов можно также создать принципиально по-другому, например в виде эластичной нити с химически «пришитым» к ее поверхности ферментом. Оказывается, каталитическая активность иммобилизованного фермента зависит от степени растяжения нитеобразного носителя.

### ДЕТЕКТОР УЛЬТРАЗВУКА

В результате совместных усилий Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР и Московского государственного университета была получена ферментативная система, весьма чувствительная также и к ультразвуку. Ее действие основано на хорошо известном факте, что слабый (некавитационный) ультразвук

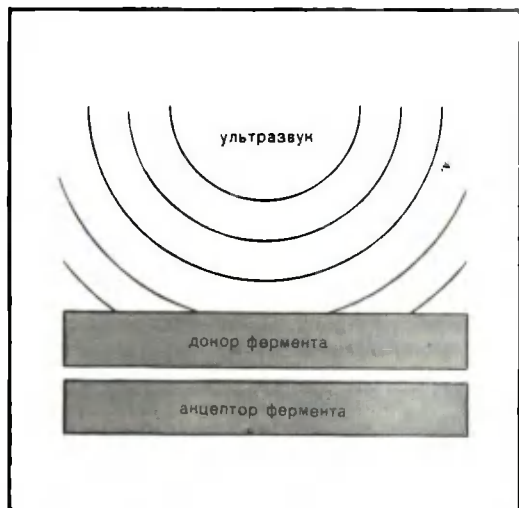
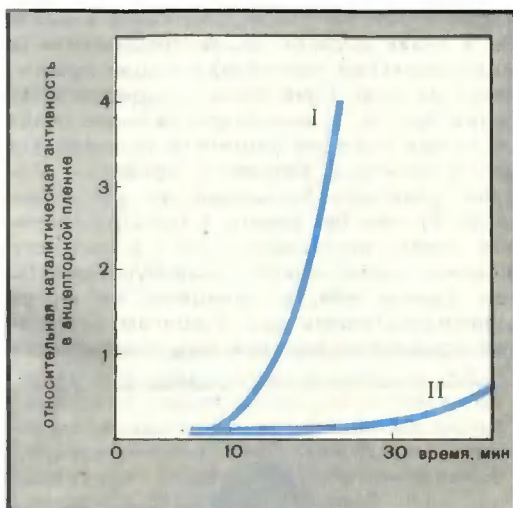


Схема ферментативного ультразвукового детектора. Система состоит из двух пленок геля, в одну из которых включен фермент (донор фермента). Под действием ультразвука фермент с донорной пленки проходит на пленку, не содержащую фермент (акцептор фермента).

хотя и не влияет на молекулярную диффузию в жидкостях, но ускоряет перенос вещества через границу раздела фаз (например, из воды в гель). Это вызвано тем, что неперемешиваемый слой жидкости, который обычно существует на границе раздела, под действием ультразвука становится тоньше; эффекты здесь порой достигают 100-кратного уменьшения толщины. Поэтому диффузию вещества через искусственные мембраны можно существенно ускорить с помощью слабого (некавитационного) ультразвука.

Звукочувствительную ферментативную систему можно представить как систему, состоящую из двух пленок геля, причем в одну из них включен фермент (донор фермента), а другая — без фермента (акцептор фермента). Пусть между пленками находится тонкий слой воды. Молекулы фермента, чтобы пройти из одной пленки в другую, очевидно, должны пересечь две границы раздела. Если систему «озвучить», то в местах попадания ультразвука перенос фермента значительно ускорится. Если после такого озвучивания донорную и акцепторную пленки разнять и вторую проявить субстратом, дающим окрашенный продукт, то соответствующие места окрасятся.



Изменение каталитической активности в акцепторной пленке под воздействием ультразвука: I — при озвучивании, II — без озвучивания.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Не вызывает сомнений, что ферментные детекторы слабых световых, механических и ультразвуковых сигналов найдут широкое применение в научных исследованиях и в технике. Здесь мы хотели бы более подробно остановиться на использовании их в медицинской диагностике. Современная медицина планомерно берет на вооружение самые последние достижения науки и техники, среди которых можно назвать и голографию<sup>6</sup>. В мировой литературе уже сейчас приведены голографические изображения как живых микрообъектов, в том числе на клеточном уровне, так и отдельных органов человека (глаз или глазное дно, полость рта, шейка матки и т. п.), а также портреты людей с патологическими признаками. Особенно ценную информацию может дать голографическая интерферометрия, где на одну голограмму снимают разделенные во времени две стадии функционирования органа, например его сокращение (сердце, желу-

<sup>6</sup> Применение голографии в медицине и биологии. Л., 1977.

док и т. д.). Подобные методы дают информацию, которую нельзя получить визуальными или фотографическими способами. Большой интерес для исследования внутренних органов представляет также акустическая (ультразвуковая) голография.

Ультразвуковые диагностические средства (неголографические) весьма широко применяются в медицине<sup>7</sup>. Дело в том, что сфокусированные в пучок ультразвуковые волны обладают свойством частично отражаться от поверхностей раздела двух физически различающихся сред; такими средами могут быть и биологические ткани, а также фрагменты тканей с различными акустическими свойствами. Первые успешные клинические эксперименты были проведены уже в начале 50-х годов американскими исследователями Уильямом и Хаури. Они использовали ультразвук для определения места кровоизлияния при серьезном повреждении головы, когда оказался смещенным мозг больного. С помощью ультразвукового метода удается определить положение линии, разделяющей мозг на два полушария, буквально в течение одной минуты. Рентгеновское просвечивание дает такую информацию в течение часа, не говоря о том, что диагностика мозга с помощью рентгеновских лучей не только более сложна, но прежде всего опасна. С тех пор область применения ультразвуковых зондов значительно расширилась. Более десяти лет назад были созданы устройства, которые при операциях на сердце позволяют следить за функционированием митрального клапана. Особенно широко начали применять ультразвуковую диагностику в связи с операциями по пересадке сердца. Так, группа американских специалистов разработала устройство, которое регистрирует первые признаки вторжения пересаженного сердца (по его разбуханию).

В принципе, ультразвуковая голография ничем не отличается от ранее разработанной оптической: объект облучают ультразвуковым пучком, прошедшие звуковые волны совмещают с опорным пучком и получают интерференционную картину. В настоящее время единственным, по существу, «узким местом» этого метода следует считать проблему детекции ультразвука. Дело в том, что для получения акустической голограммы необходимо иметь достаточно подробную (много-

точную) картину интерферирующих ультразвуковых волн. В то же время, если применять классические детекторы ультразвука, т. е. пьезокристаллы, каждый пьезокристалл (вместе с довольно сложной системой усиления) способен дать лишь точечное изображение. Проблему можно было бы решить, создав мозаику из пьезокристаллов; однако расчет показывает, что для «зарисовки» даже узкого сегмента исследуемого объекта (шириной в несколько градусов) потребовалось бы около 1 тыс. приемных преобразователей, а при угле зрения  $180^\circ$  их понадобится около полумиллиона. Очевидно, что стоимость подобных установок весьма высока, они громоздки и сложны; вряд ли они найдут широкое применение.

Именно поэтому в различных странах мира, в том числе и в СССР, ведутся поиски принципиально новых методов записи. Цель нашей заметки — привлечь внимание специалистов, работающих в этой области, к новому способу детекции слабых сигналов, основанному на использовании искусственных ферментативных систем. Примеры таких детекторов были нами рассмотрены выше. При этом подчеркнем, что полезными для этой цели могут оказаться не только детекторы, чувствительные непосредственно к ультразвуку, но также и к свету. Один из уже разработанных путей записи «ультразвуковой картины» наблюдаемого объекта состоит в том, что объект сканируют пучком ультразвука и отраженные волны преобразуют с помощью соответствующих акусто-оптических преобразователей.

Мы изложили здесь лишь физико-химическую суть ферментативных детекторов слабых сигналов. Всесоюзный кардиологический научный центр АМН СССР и Московский государственный университет уже имеют в ряде стран мира патенты на изобретенный способ получения видимого изображения объекта, наблюдаемого с помощью ультразвука. Конечно, создание медицинских диагностических аппаратов на такой основе — вопрос будущего; для этой цели должны быть привлечены специалисты самого различного профиля, и прежде всего физики и инженеры.

<sup>7</sup> Ч е д д. Г. Звук. М., 1975.

## Альфред Вегенер и его идеи

К 100-летию со дня рождения

Е. Е. Милановский



Евгений Евгеньевич Милановский, член-корреспондент АН СССР, заведующий кафедрой исторической и региональной геологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Занимается вопросами региональной геотектоники, неотектоники и вулканизма геосинклинальных и рифтовых областей. Исследователь геологии Кавказа и других горных стран Альпийского пояса, рифтовых зон Восточной Африки и Исландии. Неоднократно публиковался в «Природе».

В ноябре 1980 г. научный мир отмечает две памятные даты, связанные с жизнью знаменитого немецкого метеоролога, полярного путешественника, геофизика и тектониста Альфреда Лотара Вегенера: 1 ноября исполняется 100 лет со дня его рождения, а в конце ноября (точная дата неизвестна) — 50 лет со времени его трагической гибели во льдах Гренландии. Имя Вегенера хорошо известно самым широким кругам исследователей нашей планеты, и никого оно не оставляет равнодушным. Мало найдется подобных Вегенеру естествоиспытателей XX в., чьи смелые идеи оказали бы такое мощное стимулирующее влияние на развитие наук о Земле и планетах, а также на протяжении многих десятилетий вызвали бы столь острые разногласия, горячие неутихающие споры и тем самым способствовали бы прогрессу в познании истории Земли и поискам закономерностей ее эволюции. Вместе с тем трудно назвать другого ученого, чья мужественная личность вызывала бы столь глубокое уважение и восхищение как преданных сторонников, так и убежденных противников его взглядов.

Альфред Вегенер родился в семье доктора теологии Рихарда Вегенера в Берлине, здесь же он окончил гимназию. Образование свое Вегенер продолжил в Гей-

дельбергском и Иннсбрукском университетах, где специализировался по астрономии. Затем он работал в Астрономическом обществе в Берлине и в 1905 г. защитил диссертацию, получив степень доктора философии. Однако астрономом Вегенер не стал. По примеру своего старшего брата Курта и следуя его совету, Вегенер избрал своим поприщем науку, позволяющую более тесно общаться с природой и совершать полярные путешествия: он избрал метеорологию. Вегенер поступил в недавно созданную Аэрологическую обсерваторию в Линденберге, где уже работал Курт Вегенер, и с головой погрузился в изучение атмосферных явлений. Здесь впервые раскрылся талант молодого ученого, его дар наблюдателя и экспериментатора. Интересно, что в 1906 г. во время одного из полетов на аэростате Альфред и Курт Вегенеры продержались в воздухе 52 часа, побив на целых 17 часов тогдашний мировой рекорд продолжительности полета на воздушном шаре.

В том же 1906 г. сбывается мечта Вегенера о дальних арктических экспедициях. Его приглашают в качестве метеоролога в большую датскую научную экспедицию, которая отправляется в северо-восточную часть Гренландии. Два года проводит здесь Вегенер, совершая долгие марш-

руты на собачьих упряжках вдоль восточного побережья острова между 74° и 81° с. ш., исследуя высокие слои атмосферы с помощью змеев и привязных шаров. Во время этой экспедиции близким его другом становится известный полярный исследователь капитан И. Кох. Вместе они мечтают о новом путешествии в Гренландию и намечают его планы. Экспедиция была трудной и не обошлась без жертв; в числе их был и ее руководитель М. Эриксен.

Вернувшись в 1908 г. в Германию, Вегенер становится приват-доцентом Марбургского университета, где читает лекции по астрономии и метеорологии и обрабатывает богатейшие материалы своих научных наблюдений в Гренландии. В этот менее чем четырехлетний марбургский период Вегенер работает необычайно продуктивно: одновременно с научными результатами Гренландской экспедиции он публикует еще более 40 работ. Читая курс «Термодинамика атмосферы», он готовит к печати монографию под тем же названием. В ней Вегенер дает физическое обоснование метеорологических процессов, которые обуславливают погоду, рассматривает вертикальный разрез атмосферы и ее слоев (напомним, что стратосфера была открыта всего за несколько лет до этого), предлагает физическое объяснение смерчей и ряда оптических атмосферных явлений — миражей, гало и т. д. Несмотря на быстрое развитие метеорологии, этот выдающийся труд Вегенера, впервые увидевший свет в 1911 г. и переизданный в 1924 г., сохранял свое научное значение в течение нескольких десятилетий; об этом, в частности, говорит публикация его русского перевода в СССР в 1935 г.

Уже в начале преподавательской деятельности Вегенер показал себя как талантливый педагог. О самых сложных вопросах он умел говорить удивительно просто и доходчиво. В своих лекциях Вегенер использовал материалы собственных наблюдений и иллюстрировал изложение своими прекрасными фотографиями. Его ученик и будущий сподвижник И. Георги вспоминал, что Вегенер всегда прилагал величайшие усилия, чтобы и в специальных работах быть предельно понятным, а не адресоваться только к наиболее искусственным знакам<sup>1</sup>. Характерной чертой Вегенера бы-

ло открытое и доверительное отношение к своим студентам. Ему была присуща необычайно высокая честность во всем, полное отсутствие претенциозности, позы и свойственного многим стремления казаться чуть более значительными, чем они есть.

В 1910 г. в жизни Вегенера происходят два события, во многом определявшие его дальнейшую личную и творческую судьбу. В этом году он впервые встречается в Гамбурге с профессором В. П. Кёппеном — в то время уже всемирно известным метеорологом и климатологом. Владимир Петрович Кёппен, родившийся и выросший в России и волею судеб уже в зрелые годы оказавшийся в Германии, был сыном известного русского статистика, демографа и этнографа академика П. И. Кёппена. Гамбургская встреча положила начало творческому сотрудничеству и тесной дружбе двух выдающихся ученых, продолжавшейся до самой смерти Вегенера. Вскоре их дружбу скрепили семейные узы: через три года дочь Кёппена Эльза стала женой Альфреда Вегенера.

В том же 1910 г. в научную работу Вегенера, до этого всецело сосредоточенного на вопросах метеорологии, внезапно вторглись самые кардинальные проблемы геологии. И всю свою дальнейшую жизнь Вегенер разрывался между вопросами истории Земли, глубинного ее строения, происхождения тектонических движений, с одной стороны, и метеорологией — с другой. В своей знаменитой книге «Происхождение материков и океанов» он рассказывал: «В 1910 г. при рассмотрении карты земного шара, под непосредственным впечатлением параллелизма берегов Атлантического океана, мне впервые пришла в голову мысль о горизонтальных перемещениях континентов, но я оставил ее тогда без внимания, считая невероятной. Но осенью 1911 г. мне случайно попала в руки обзорная работа о неизвестных мне до того палеонтологических данных, указывающих на существовавшие некогда сухопутные связи между Бразилией и Африкой. Это заставило меня предпринять, прежде всего, беглый просмотр относящейся к данному вопросу геологической и палеонтологической литературы, причем тотчас же обнаружилось столь важные подтверждения, что я пришел к твердому убеждению в правильности моих предположений. 6 января 1912 г. (т. е. уже через 2—3 месяца после этого.— Е. М.) я впервые изложил свою идею в докладе, прочитанном в Геологическом обществе во Франкфурте-на-Майне и озаглавленном

<sup>1</sup> В письме В. П. Кёппену Вегенер полупушительно признавался, что труды со сложными математическими выкладками, в которых он не может даже ощутить суть предмета, кажутся ему ошибочными или не имеющими смысла.

«Образование крупных форм рельефа земной коры (континентов и океанов) на основании геофизических данных». За этим докладом 10 января последовал другой — «О горизонтальных перемещениях континентов» в Обществе содействия естественным наукам в Марбурге.

В том же 1912 г. появились две журнальные публикации Вегенера по этому вопросу. Суть их заключалась в утверждении и попытке краткого обоснования идеи о том, что континентальные массивы с их «корнями», уходящими в глубь Земли до 100 км, представляют собой огромные глыбы относительно легкого твердого вещества — «сиаля», которые, подобно гигантским айсбергам, плавают по относительно более тяжелому субстрату, находящемуся в вязко-жидком состоянии — «симе». В пределах океанических впадин сияль отсутствует, и под толщей воды и слоев осадков в них непосредственно лежит сима. Некогда, в конце палеозойской эры, все современные континентальные глыбы сияля вплотную примыкали друг к другу, образуя единый огромный массив (Пангея, по Вегенеру), окруженный со всех сторон Тихим океаном, занимавшим в то время значительно большую площадь, чем ныне. Затем, в течение мезозойской и кайнозойской эр, Пангея раскололась на ряд глыб, соответствующих современным континентам, которые стали располагаться в разные стороны. Бреши между ними заполнялись поднимающимся веществом симы и, последовательно расширяясь, образовали нынешние впадины Индийского, Атлантического и Арктического океанов. Вместе с тем на других краях сиалических материковых глыб, где они надвигались на древнюю симатическую область Тихого океана, а также там, где на последних этапах развития Земли, в кайнозое, материковые глыбы сближались одна с другой (например, между Евразией на севере, Африкой, Аравией и Индией на юге), — в этих зонах толщи отложений, покрывающие края континентов, сминались в складки, коробились и возникали цепи складчатых гор.

Что касается возможных причин дрейфа континентов, то Вегенер называл два вероятных движущих фактора: это центробежная сила, связанная с вращением Земли, которая заставляет «плавающие» материковые глыбы двигаться от полюсов к экватору, и приливные силы, вызванные влиянием Луны и Солнца, обуславливающие либо дрейф всей Пангеи в западном направлении, либо движение отдельных ее частей с разной скоростью, в ходе которо-

го материка Восточного полушария постепенно отставали от Северной и Южной Америки.

На первых порах мобилистские<sup>2</sup> идеи Вегенера встретили у большинства ученых прохладный и даже скептический прием, чего, впрочем, и следовало ожидать, поскольку автор привел слишком мало аргументов для их обоснования и к тому же, не будучи геологом, позволил себе судить о самых важных и трудных, «проклятых» вопросах чужой науки. Как уже говорилось, исходным пунктом его идеи был поразительный параллелизм очертаний берегов Атлантики, и в первую очередь Африки и Южной Америки, края которых можно вырезать на карте или глобусе и совместить почти без всяких зазоров и перекрываний. Вначале Вегенер полагал, что он был первым, кому пришла мысль о былом смыкании берегов Атлантики, но вскоре убедился в своем заблуждении.

Идея о былом единстве материков, находящихся по обе стороны Атлантического океана, зародилась еще в эпоху великих географических открытий XV—XVI вв., когда на карту были нанесены берега Африки и Южной Америки. Параллелизм атлантических берегов отмечал и английский философ Ф. Бэкон на рубеже XVI—XVII вв., а французский аббат Пласе издал в 1668 г. книгу под характерным названием: «Доказательство того, что перед всемирным потоком Америка не была отделена от других частей света».

В 1830 г. знаменитый английский геолог Ч. Лайель в своем труде «Принципы геологии» писал о «необходимости изучения следствий изменяющегося положения материков, передвинувшихся, как нам известно, в течение следовавших одна за другой эпох из одной части земного шара в другую». Правда, он исходил при этом не из сходства очертаний берегов, а из стремления объяснить колебания климата различных материков в геологическом прошлом. Лайель предполагал, что в эпохи преобладания жаркого климата все континенты располагались близ экватора, а в эпохи холодного — перемещались по направлению к полюсам<sup>3</sup>. Примерно в то же время не менее известный немецкий естествоиспытатель А. Гумбольдт размышлял над

<sup>2</sup> Мобилизмом в геологии называется теоретическая концепция, согласно которой за горизонтальными движениями земной коры признаются большая роль и значительный масштаб — в противоположность фиксизму, склоняющему в пользу вертикальных тектонических движений.





АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР.

1 ноября 1880 г.— ноябрь 1930 г.

сходством очертаний побережий Атлантики и его возможными причинами.

В 1858 г. Е. Снейдер в своей книге «Творение» объяснил происхождение Атлантического океана разрывом древнего материка и дал на составленных им картах реконструкции, поразительно близкие к предложенным спустя 64 года Вегенером. В 1917 г. русский анонимный автор (оказавшийся, как удалось впоследствии выяснить, любителем-самоучкой Е. В. Быхановым) издал в г. Ливнах книжку «Астроно-

мические предрассудки», в которой, основываясь на сходстве очертаний берегов, в свою очередь, предложил гипотезу об образовании Атлантики в результате раздвигания обрамляющих ее материков, причем одним из первых дополнил ее предположением, что этот процесс протекал на фоне общего расширения Земли.

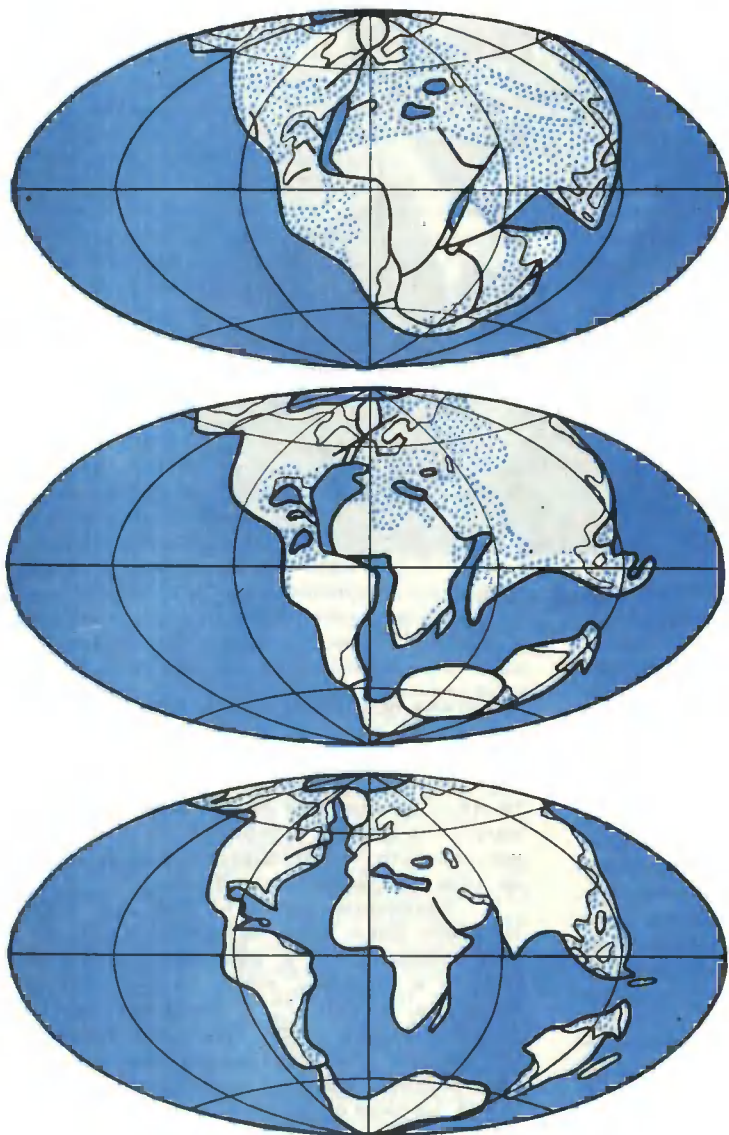
Различные варианты той же мобилистской идеи были предложены во второй половине XIX в. еще несколькими авторами и, наконец, всего за два года до Вегенера, в 1910 г., в наиболее обстоятельной форме — Ф. Тэйлором. Интересно, что все они высказывали свои во многом сходные взгляды независимо друг от друга, не зная об идеях предшественников. Их труды не оказали существенного, а по

<sup>3</sup> Заметим, что, в сущности, такими же перемещениями отдельных материков к полюсам или экватору стремятся объяснить климатические особенности тех или иных эпох и мобилисты XX в.

большей части даже никакого, влияния на развитие теоретической мысли в области геологии. В течение всего XIX и начала XX в. в ней господствовали представления о неизменности взаимного расположения крупных элементов земной коры. Первоначально они основывались на так называемой теории кратеров поднятия, связывавшей горообразование с выпучиванием отдельных участков земной коры под напором магмы, а затем, со второй половины XIX в. — на контракционной теории, объяснявшей происхождение складчатых структур и горных хребтов последователь-

ным охлаждением и уменьшением объема земного шара, приводившим к сморщиванию то тех, то других зон земной коры.

Преодолеть господство этой хорошо разработанной и казавшейся убедительной фиксистой концепции разрозненным голосам мобилистов было не под силу, поскольку их остроумные, но чисто умозрительные построения основывались, в сущности, только на сходстве конфигурации берегов Атлантического океана. В значительной мере это относилось и к первым высказываниям Вегенера. Однако он пошел дальше. Он понял, что сможет убе-



Перемещение материков (по А. Вегенеру): вверху — исходный материк Пангея; в центре — расположение материков в третичном периоде (палеогене и неогене); внизу — расположение материков в начале четвертичного периода. Неглубокие моря на поверхности континентальной коры показаны точками.

дить своих оппонентов в справедливости идеи дрейфа континентов лишь в том случае, если ему удастся привести достаточно веские доказательства, основанные на критическом пересмотре огромных материалов, накопленных самыми разными науками о Земле.

Предвидя, что его ждут огромные трудности, Вегенер тем не менее решительно приступает к осуществлению этой задачи. Однако работу вскоре пришлось прервать. Готовилась новая датская экспедиция в Гренландию, куда Вегенер и отправился вместе с капитаном И. Кохом в июле 1912 г. Экспедиции предстояло пересечь ледниковый щит Гренландии с целью изучения метеорологической обстановки во внутренней части острова. Высадившись на восточном берегу у  $76^\circ$  с. ш., Кох и Вегенер находят путь на ледяной щит, поднимают на его восточный край имущество экспедиции и зимуют на Гренландском леднике. Летом 1913 г., двигаясь в юго-западном направлении, они совершают на лыжах более чем 1000-километровый переход по ледниковому панцирю в самом широком месте острова. Потребовалось на него два с лишним месяца. Большую часть пути температура даже днем не поднималась выше  $-25^\circ\text{C}$ , а ночью падала до  $-35^\circ\text{C}$ . Кроме самой внутренней части острова, где господствовал штиль, путешественников сопровождали ураганные ветры, дующие от центра ледяного щита к его краям. След экспедиции был отмечен трупами всех пяти лошадей, погибших в снежной пустыне. В течение всей экспедиции Вегенер и Кох вели метеорологические, гляциологические и геодезические наблюдения. Вегенеру удалось доказать, что крупный антициклон с центром над внутренними районами Гренландии все-таки существует. Используя различные камеры и пластинки, в том числе и редкие в то время цветные, он неустанно фотографировал лед, облака, миражи и т. д. Несмотря на преувеличивая, Вегенер писал потом, что в экспедиции Коха он практически ничего не делал, кроме фотографирования.

Осенью 1913 г. участники экспедиции вернулись в Европу<sup>4</sup>. Казалось бы, Вегенер вновь может приступить к разработке и обоснованию своей гипотезы континентального дрейфа. Однако менее чем через год эти планы перечеркнула война. Офицер запаса А. Вегенер был мобилизован в германскую армию. Как вспоминал его друг Н. Берндорф, военная служба была для Вегенера очень тяжелой не из-за связан-

ных с ней опасностей и лишений, которых он не страшился, но из-за тяжелого внутреннего конфликта между чувством долга перед родиной и глубочайшим убеждением в бессмысленности войны. Но и в жестоких, казалось бы, самых неподходящих условиях фронтовой жизни Вегенер не прекращает научной работы и урывками трудится над своей будущей книгой о перемещениях континентов и над исследованием о смерчах в Европе. В 1915 г., дважды тяжело раненный, он попадает в госпиталь, где активизирует свою работу, а затем получает длительный отпуск и теперь уже целиком отдается научной деятельности. В эти месяцы 1915 г. Вегенер завершает и публикует свое научное кредо — книгу «Происхождение материков и океанов». Она вызвала большой интерес в Германии и Австрии, но в других странах в связи с войной осталась почти неизвестной.

После отпуска Вегенера направляют в Военно-метеорологическую службу, где он остается до конца войны. В этот относительно благоприятный для его работы период, по-видимому, зарождается интерес Вегенера к метеоритике. Толчком послужил полет метеорита, наблюдавшийся 3 апреля 1916 г. в Земле Гессен. Тщательно проанализировав публиковавшиеся в местных газетах показания очевидцев, Вегенер вычислил траекторию полета метеорита и указал вероятное место его падения, где он вскоре и был найден. Последние месяцы войны Вегенер проводит в оккупированной немецкими войсками Эстонии. Здесь, испросив разрешение у военного начальства, он читает лекции в Дерптском (ныне Тартуском) университете.

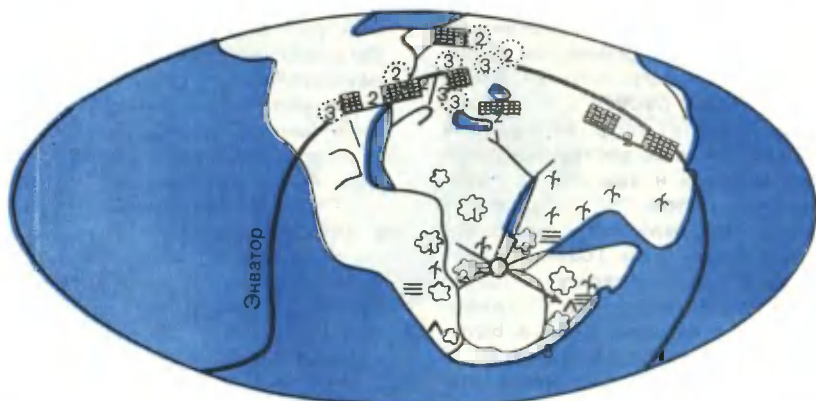
После капитуляции Германии и ноябрьской революции 1918 г. Вегенер, наконец, возвращается к мирному творчеству. Но его место в Марбургском университете занято, и он поступает заведующим метеослужбой в Гамбургскую обсерваторию. Одновременно он становится экстраординарным профессором Гамбургского университета и вместе со своим тестем В. П. Кёппеном организует в Гамбурге геофизический коллоквиум, вскоре приобретший широкую популярность в Западной Европе. В эти первые после-

<sup>4</sup> Материалы ее в связи с первой мировой войной были опубликованы, причем лишь частично, в 1919 г., а полную обработку и публикацию ее результатов Вегенер из-за длительной болезни Коха смог завершить лишь в 1930 г.








военные годы Вегенер работает с лихорадочной быстротой. Ежегодно появляются его книги: «Через белую пустыню» (совместно с И. Кохом, 1919), 2-е и 3-е издания «Происхождения материков и океанов» (1920 и 1922), «Происхождение лунных кратеров» (1921)<sup>5</sup>, 2-е издание «Термодинамики атмосферы» (1924) и «Климаты прошлого Земли» (совместно с В. П. Кёппеном, 1924). Уже из этого перечня видно, что круг научных интересов Вегенера еще более расширяется.

Наряду с метеорологией и изучением Гренландии его сильно занимают в

хождение. Для проверки «гипотезы падения» он проводит серии экспериментов, наблюдая кратероподобные формы, возникающие на поверхности цементного порошка или вязкой цементной массы при набрасывании на них небольших порций аналогичного материала. Вегенер убедился, что образующиеся при такой «бомбардировке» широкие плоские округлые углубления по своим морфологическим особенностям гораздо ближе к лунным кратерам, чем все известные на Земле формы вулканического рельефа. Кроме того, они сходны с Аризонским



Показатели климата каменноугольного и пермского периодов (реконструкция А. Вегенера). 1 — отложения нижнего карбона, 2 — верхнего карбона, 3 — перми.

	тропические угли
	угли полярных областей
	соль, гипс, безводные области
	лед
	глоссоптеревая флора
	древесина с годичными кольцами
	Южный полюс

эти годы вопросы планетологии и метеоритики, в особенности природа лунных кратеров. Критически анализируя гипотезы их образования, он приходит к выводу, что большинство из них, в том числе и вулканическая, не могут объяснить особенности морфологии лунных кратеров, и склоняется к их ударному проис-

кратером в Северной Америке, метеоритная природа которого была в то время уже доказана. Меняя условия опытов, Вегенеру удалось воспроизвести и такие характерные для некоторых элементов лунной поверхности черты, как центральная горка внутри кратера, двойной кратерный вал, радиальные лучи и т. д. Чтобы получить материал для сравнения, Вегенер отправляется на о-в Сааремаа для изучения кратерных воронок (оз. Каалиярв и др.), происхождение которых эстонский инженер А. Рейнвальд совершенно справедливо объяснял падением метеоритов.

В итоге у Вегенера складывается убеждение, что кратеры Луны образовались в результате падения на ее поверхность твердых тел. При этом он не исключал роли вулканических явлений в формировании лунных кратеров, но считал ее вторичной. По его мнению, кратеры с темной внутренней поверхностью (кратерные моря и моря, окруженные валами) показывают, что твердая кора была здесь пробита, а внутренность кратера заполнилась жидкой лавой, которая потом затвердела. При этом высокая температура, вероятнее всего, была вызвана

<sup>5</sup> В русском переводе см.: Происхождение Луны и ее кратеров. М., 1923.

падениями. Эти высказывания Вегенера звучат удивительно современно<sup>6</sup>.

Развивая свою мысль, Вегенер пришел к выводу, что еще ранее тех падений, следы которых мы видим, происходили другие — гораздо более многочисленные, частые и значительные по размерам. Они-то и обусловили в свое время высокую температуру Луны, которая резко понизилась при затухании процесса бомбардировки. В целом этот процесс должен был заметно увеличить массу Луны, и, в сущности, здесь мы имеем дело с формированием самой Луны, которая образовалась благодаря падению большого количества твердых тел, вращавшихся вокруг Солнца по близким орбитам. Процесс такого собирания вначале протекал, вероятно, медленно, затем некоторое время держался на кульминационной точке (в этот период вызванная падением теплота не могла полностью излучаться в пространство, и температура Луны поднималась выше точки плавления пород), а позднее вошел в стадию затухания. Вегенер считал, что и Землю можно себе представить образовавшейся таким же способом. В этом случае исходное вещество Земли и Луны составляло бы единое кольцо вокруг Солнца, подобное кольцу малых планет... При наступившем затем собирании вещества вместо одной планеты могли образоваться две, причем меньшая попала в сферу притяжения большей. Эти мысли созвучны современным представлениям об аккреции вещества планет земной группы из частиц холодного твердого космического материала и последующем этапе тяжелой метеоритной бомбардировки, во время которого происходило значительное разогревание, по крайней мере внешних частей планетных тел. Как видно из сказанного, Вегенера можно считать одним из пионеров научного направления, получившего название сравнительной планетологии.

Но главные свои усилия в послевоенные годы Вегенер направляет на возможно более полное обоснование и поиски убедительных доказательств своей гипотезы дрейфа континентов. И ему действительно удается найти в разных

науках о Земле много аргументов в пользу своей концепции в целом или отдельных ее положений. Наиболее систематизированно они приведены в 3-ем издании его книги «Происхождение материков и океанов». Упомянем лишь некоторые из них.

Так называемая гипсографическая кривая, т. е. кривая частоты встречаемости различных высот и глубин на земной поверхности, обнаруживает два четко выраженных максимума — океанический (—4700 м) и континентальный (+100 м). Первый соответствует поверхности тяжелой сими, а второй — более легких материковых глыб сиала, плавающих в ней в силу принципа изостазии (равновесия). Принимая те или иные средние плотности сими и сиала, можно вычислить ориентировочную толщину сиалических глыб. Установленные в областях четвертичного оледенения явления глубокого погружения земной коры (сиала) под ледниковой нагрузкой и ее быстрого «всплывания» при последующем таянии ледников показывают, что симатический субстрат находится не в твердом, а вязко-жидком состоянии и, следовательно, сиалические глыбы, плавая на нем, способны медленно перемещаться в горизонтальном направлении.

Геологические данные показывают, что некоторые палеозойские складчатые зоны Западного полушария, образовавшиеся до начала распада Пангеи, находят свое продолжение по другую сторону Атлантики — в Африке и Евразии, причем стратиграфические разрезы и характер структур по обе стороны океана оказываются удивительно похожими. Например, продолжением так называемых Сьерр Буэнос-Айреса в Аргентине служат Капские горы в Южной Африке, а каледонских сооружений Северных Аппалач и Ньюфаундленда — одновозрастные структуры Британских о-вов. Конечно, можно допустить, что между этими «обрывками» существовали опустившиеся впоследствии соединительные звенья протяженностью в несколько тысяч километров, но такое предположение кажется маловероятным. Расположение молодых мезозойских и кайнозойских складчатых зон наиболее естественно объяснить тем, что они приурочены к сминающимся фронтальным частям дрейфующих сиалических глыб.

Палеонтологические материалы, в особенности данные о большом сходстве между комплексами ископаемой наземной фауны и флоры, обнаруженными на

<sup>6</sup> В настоящее время для значительной, если не большей, части кратеров Луны и других планет земной группы (Меркурий, Марс), признается метеоритное (ударное) происхождение, осложненное для наиболее крупных из них последующими вулканическими явлениями, индуцированными ударом.

разных континентах, дают много убедительных свидетельств непосредственных связей между отдельными материками, в частности южными (так называемыми гондванскими), а также между Северной Америкой и Европой — связей, существовавших до середины или конца мезозоя, либо даже до начала кайнозоя. Эти связи были известны и до Вегенера, но они объяснялись путем несколько искусственных допущений о существовавших промежуточных, опустившихся впоследствии, участков суши между этими материками. В равной мере черты сходства и различий, наблюдающиеся в современном животном мире разобренных ныне материковых и островных массивов суши, позволяют судить, насколько давно нарушились их непосредственные наземные связи с другими континентами.

Некоторые типы осадочных горных пород с заключенными в них органическими остатками — хорошие индикаторы климатических условий, в которых они формировались. Так, например, каменные угли свидетельствуют о влажных (гумидных) климатах приэкваториальной или умеренных зон, соленосные отложения — о жарком, засушливом (аридном) климате зоны пустынь, а морены и их древние аналоги тиллиты, — о древних оледенениях. Допуская (как в свое время и Ч. Лайель), что в прошлом на земной поверхности существовали такие же климатические зоны, что и ныне, очень трудно с позиций неизменности расположения материков и полюсов понять присутствие типичных ледниковых отложений того или иного возраста в современных приэкваториальных областях, а отложений, свойственных влажной приэкваториальной и аридным зонам, — в полярных областях Земли. Однако подобные факты естественно объяснятся, если допустить, что во время накопления этих отложений расположение континентальных массивов друг относительно друга, а также по отношению к полюсам резко отличалось от современного. Вегенер и Кёппен детально исследовали эту проблему и с позиций мобилизма рассмотрели палеоклиматические условия, существовавшие на Земле с каменноугольного периода до наших дней, в специальной книге «Климаты геологического прошлого». Особенно эффектное объяснение было дано наличию следов позднелеозойского материкового оледенения на южных, гондванских, материках, ныне расположенных (кроме Антарктиды) в тропической зоне на огромных расстояни-

ях от полюса и друг от друга. В реконструкции Вегенера и Кёппена все эти ледниковые области в конце палеозоя располагались компактно, вблизи предполагаемого Южного полюса, а синхронные тиллитам отложения — показатели жаркого климата — близ экватора.

Аналогичным образом Вегенер предполагал, что в период четвертичного оледенения ледниковые шапки Европы, Гренландии и Северной Америки составляли единое целое, а эти материковые глыбы непосредственно смыкались одна с другой. При такой реконструкции скорость последующих взаимных горизонтальных перемещений этих глыб должна была достигать нескольких десятков метров в год (!) и поэтому казалась возможной проверка реальности подобных движений путем проведения повторных высокоточных астрономических определений долгот отдельных пунктов на обоих берегах Северной Атлантики, и эта задача была поставлена Вегенером. Впрочем, наука его времени уже располагала некоторыми данными, якобы указывающими на систематическое увеличение расстояний между Европой и Гренландией на протяжении последнего столетия, однако объективный анализ этих данных показал, что возможные ошибки проведенных измерений оказались в несколько раз большими, чем обнаруженная величина раздвигания.

После выхода в свет 2-го и 3-го изданий «Происхождения материков и океанов» научная известность Вегенера и популярность его идей быстро растут как в Германии, так и во всем мире. Эта книга вскоре появляется в переводах на французский, английский, испанский, шведский языки и дважды — на русский (в Берлине в 1923 г. и в Москве в 1925 г.). Глубокий анализ и в целом весьма одобрительную оценку книги Вегенера дает на страницах «Природы» в 1922 г. А. А. Борисяк<sup>7</sup>.

Тем не менее, как это ни странно, в течение ряда лет Вегенер не мог получить кафедры ни в одном из университетов или технических школ Германии. Его кандидатура неоднократно отвергалась на том основании, что интересы Вегенера в значительной мере распространялись на области наук, лежащие за пределами функций той или иной кафедры. Так произо-

<sup>7</sup> Статья академика А. А. Борисяка «Происхождение континентов и океанов» была перепечатана недавно в юбилейном 750-м номере журнала (1978, № 2).



А. Вегенер в Борге.

шло во Фрейбургском университете, где он не прошел на кафедру географии из-за своего «физического» уклона, то же было и в других местах. Лишь в 1924 г. Вегенер, наконец, занял созданную специально для него кафедру геофизики и метеорологии в университете г. Граца в Австрии. Последовало несколько лет спокойной и плодотворной работы в творческом содружестве с Кёппеном, также переселившимся в Грац. Росла счастливая и дружная семья Вегенера, появились ученики и новые друзья. Вегенер настолько сжился с Грацем, что отклонил последовавшее вскоре лестное предложение занять кафедру в Берлинском университете.

Однако Гренландия не переставала манить его, и когда в 1928 г. Общество содействия немецкой науке обратилось к Вегенеру с предложением возглавить новую, на этот раз германскую, экспедицию в Гренландию, он без колебаний согласился. И тут же стал настойчиво доказывать, что необходимо значительно расширить ее научную программу, сроки и ассигнования. Добиться этого в обстановке разразившегося в 1929 г. глубокого эконо-

мического кризиса было очень нелегко, но в конце концов Вегенеру это удалось. И 1 апреля 1930 г. большая и сравнительно хорошо по тем временам оснащенная научная экспедиция, руководимая Вегенером, покинула Копенгаген и на корабле «Диско» отплыла к западным берегам Гренландии. Вегенер планировал создать на 71° с. ш. три научных станции, которые должны были работать в течение целого года: одну — на западном краю ледникового щита, другую, связанную с ней, — в центре Гренландии и третью, автономную, — на восточном побережье. Экспедиции предстояло в течение долгого зимнего сезона выяснить климатические условия Гренландии, а также изучить структуру и толщину мощного ледникового щита, распределение температур в нем, а также характер рельефа под ледником. Вегенер хотел определить точные долготы некоторых точек острова, которые стали бы достоверным геодезическим доказательством раздвижения материков в Северной Атлантике.

Начало работы неожиданно задержалось. Только через 80 дней после отплытия, когда Баффиново море наконец очистилось ото льда, экспедиции удалось выгрузиться на берег в Камаруюкском



Общий вид станции «Айсмитте».

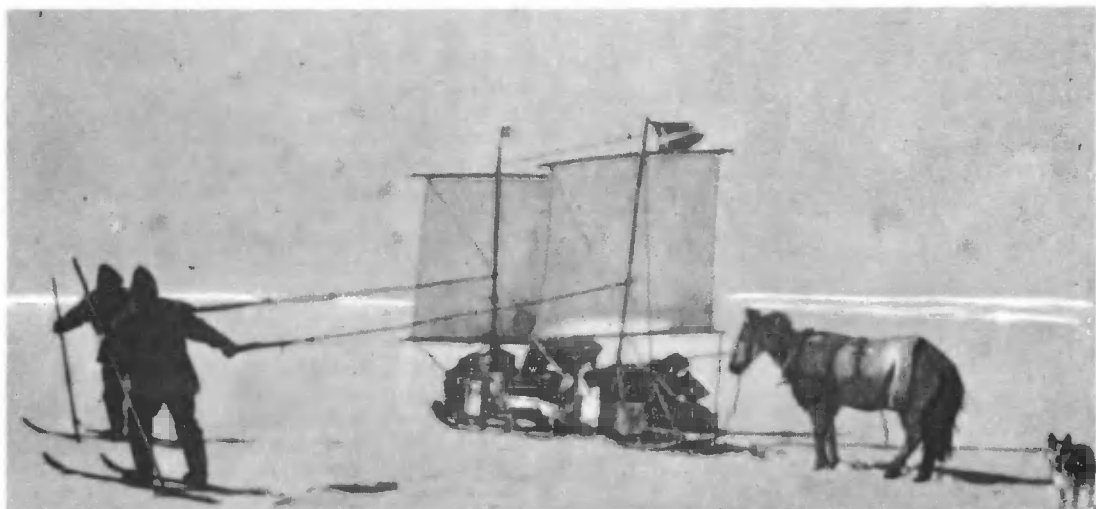
фьорде и затем с большими трудностями поднять свое имущество по крутому краю ледника к месту, где создавалась Западная станция. Отсюда 15 июля отправилась на восток первая санная группа, которая, преодолев за полмесяца 400 км, основала станцию «Айсмитте» в центре ледникового щита. 18 августа и 13 сентября «Айсмитте» достигли вторая и третья санные партии с грузами. Однако многого, в особенности керосина и продовольствия, для зимовки все еще не хватало, не было также зимнего дома и радиосвязи. Поэтому оставшиеся на станции метеорологи И. Георги и Н. Зорге сообщили Вегенеру в письме, что будут ожидать следующую санную партию до 20 октября, а в противном случае будут вынуждены отправиться обратно на Западную станцию.

В начале октября, когда температура упала ниже  $-50^{\circ}\text{C}$  и оставаться в палатке стало невозможным, зимовщики «Айсмитте» перебрались в предварительно выкопанную ледяную пещеру-лабораторию, надежно укрывшую их от штормов и морозов. Температура там не опускалась ниже  $-10$ — $-15^{\circ}\text{C}$ . Так, относительно удобно устроившись, они решили пережить здесь зиму и не возвращаться на станцию. Это было, разумеется, единственно правильным решением, но сообщить о нем без радиосвязи зимовщики не могли. Вегенер между тем предпринимал все меры для оказания помощи станции «Айсмитте». В середине сентября он послал туда аэросани, но они вернулись, не сумев

пробиться через глубокий свежий снег. И тогда 22 сентября Вегенер, гляциолог Ф. Лёве и 13 гренландских эскимосов с 15 собачьими упряжками выступили в направлении «Айсмитте». Они спешили на помощь Георги и Зорге. Но уже через 5 дней девять гренландцев, а спустя 10 дней — еще трое, не выдержав трудностей, отказались двигаться дальше. Вегенеру и Лёве пришлось оставить на 62-м и 120-м километрах почти весь свой груз и в сопровождении 22-летнего эскимоса В. Расмуса пробиваться далее лишь на трех санях. Утопая в глубоком снегу, при сильном встречном ветре и  $40$ — $50$ -градусном морозе путешественники продолжали медленно двигаться на восток. В довершение всех невзгод Лёве обморозил пальцы рук и ног. И все же 30 октября отряд Вегенера достиг «Айсмитте».

Встреча с зимовщиками принесла Вегенеру глубокое облегчение: работа экспедиции, находившейся в критической ситуации, наконец, налаживается. Следующий день — 1 ноября, день пятидесятилетия Вегенера, — был для всех подлинным праздником. Однако продовольствия на «Айсмитте» было слишком мало и Вегенеру надо было решать, оставаться или возвращаться на Западную станцию. Обратный 340-километровый переход (у склада на 62-м километре Вегенера должна была поджидать вспомогательная группа) в условиях надвигающейся полной темноты и  $50$ -градусных морозов, с полуголодными обессиленными собаками давал мало шансов на благополучный исход. И все же Вегенер решил возвращаться. Лёве пришлось оставить на «Айсмитте»: пальцы ног его бы-





Санная группа германской экспедиции. 1930 г.

ли так сильно обморожены, что их пришлось ампутировать. Обсудив дальнейшие планы и попрощавшись с зимовщиками, в тот же день Вегенер со своим верным товарищем Расмусом на двух упряжках покинул «Айсмитте». Но назад им не суждено было вернуться. Вспомогательная группа тщетно ожидала их на 62-м километре. О судьбе Вегенера ничего не знали ни на Западной станции, где надеялись, что он остался на «Айсмитте», ни на центральной, где предполагали, что он вернулся на запад. Лишь весной 1931 г., когда вышедшая с Западной станции на поиски Вегенера группа достигла «Айсмитте» и встретилась с благополучно перезимовавшими там Георги, Зорге и Лёве, стало окончательно ясно, что руководитель экспедиции погиб.

В конце апреля на 255-м километре были найдены сани, а на 189-м километре — воткнутые в снег лыжи Вегенера. Рядом с ними под покровом снега лежало прикрытое оленьей шкурой, шубой и спальным мешком аккуратно зашитое в чехол тело Вегенера. Костюм его был в полном порядке, глаза открыты, лицо спокойно. По-видимому, он скончался от сердечной слабости после сильного переутомления, не дойдя 137 км до промежуточной базы, и был заботливо похоронен его спутником. Взяв с собой трубку и перчатки Вегенера, его дневник и инструменты, Расмус двинулся дальше на запад, но, как видно, сбился в темноте с дороги и также погиб. Тело его найти не удалось.

После трагической смерти Альфреда Вегенера экспедицию возглавил его брат Курт Вегенер, и осенью 1931 г., успешно завершив свою программу, она вернулась в Германию.

Научный мир был потрясен известием о гибели Вегенера, находившегося в самом расцвете творческих сил. К началу 30-х годов достигла зенита и популярность идей Вегенера, ставшего властителем дум целого поколения исследователей Земли. Мобилизм в 20-х годах — первой половине 30-х годов становится, выражаясь языком современного науковедения, основной парадигмой геологии. Множество геологов и геофизиков, палеогеографов и биогеографов в разных странах принимают его идеи. Появляются талантливые работы, ставшие их дальнейшим развитием. Особенно интересной была книга Д. Джолли<sup>8</sup>, в которой идеи мобилизма органически связаны с представлениями о периодичности развития Земли: о чередовании в ее истории эпох, когда симатический субстрат находился в вязко-жидком состоянии и был возможен дрейф сиалических глыб, с эпохами, когда симатическое основание переходило в твердое состояние, а сиалические глыбы как бы «вмерзали» в него и оставались неподвижными.

Однако начиная с середины 30-х годов наступает период охлаждения и разочарования в мобилизме, и идеи Вегенера почти повсеместно уступают место фиксстским представлениям. Этот период продолжался до конца 50-х, а в нашей стра-

<sup>8</sup> В русском переводе см.: Джолли Д. История поверхности Земли. М., 1929.



Метеорологи И. Георги и Н. Зорге за рабочим столом на станции «Айсмиттер».

не — до 60-х годов. Причин этой смены парадигмы было немало, но главным, пожалуй, было то, что концепция Вегенера была оторвана от основных принципов и обобщений современной геологии. Она не вытекала органически из анализа всего имевшегося тогда материала по геологии континентов, но скорее «выдергивала» из него отдельные факты, пригодные для доказательства ее справедливости. В частности, Вегенер, по существу, не использовал при ее разработке такое фундаментальное и уже широко известное в его время обобщение, как учение о геосинклиналях<sup>9</sup>. Такое игнорирование Вегенером этого учения было неслучайным. С позиции гипотезы дрейфа континентов было трудно или даже невозможно объяснить, каким образом эти глубокие прогибы возникают во фронтальной зоне движущихся материков, почему геосинклинали дрейфуют вместе с материками, непрерывно погружаясь, но вместе с тем в течение длительного времени не подвергаясь смятию (которое происходит лишь в особые ороге-

нические эпохи, завершающие развитие геосинклиналей). Гипотеза Вегенера фактически оставляла без внимания развитие Земли до каменноугольного периода, т. е. во время, составляющее более 90% всей ее геологической истории. Она, как, впрочем, и многие другие геотектонические гипотезы, не могла дать удовлетворительного с количественной точки зрения объяснения причин постулируемых ею горизонтальных движений. Повторные астрономические и геодезические измерения показали, что предполагавшиеся Вегенером скорости относительных горизонтальных перемещений отдельных блоков земной коры порядка метров или десятков метров в год не соответствуют действительности.

Хотя приводившиеся в подтверждение гипотезы дрейфа континентов палеобиологические и палеоклиматические факты в основе своей верны, они могут найти и другие объяснения (например, с позиций предположения о перемещении оси Земли относительно всей земной коры, об опускании отдельных участков суши, связывавших континентальные массивы и т. д.).

В работах крупнейших советских ученых Л. С. Берга, Н. С. Шатского и др. гипотеза Вегенера подвергалась жесткой критике как фантастическая, абсурдная и т. п. Но, справедливости ради, надо

<sup>9</sup> Геосинклинали — длительно развивающиеся протяженные зоны глубокого погружения и мощной седиментации, на месте которых впоследствии возникают складчатые пояса и горные цепи.

заметить, что не все выдвигавшиеся против нее обвинения являлись вполне убедительными и бесспорно указывали на ее несостоятельность. Так, Н. С. Шатский писал, что открытие зон глубоководных землетрясений по периферии Тихого океана, уходящих под углами  $30-60^\circ$  под Азиатский и Южноамериканский континенты до глубин  $700-800$  км<sup>10</sup>, показывает абсурдность гипотезы А. Вегенера, поскольку наличие столь глубоких длительно существующих зон разломов исключает возможность горизонтальных перемещений. Ныне же существование подобных зон, трактуемых в качестве «зон субдукции» (т. е. пододвигания литосферы Тихого океана под литосферные плиты Азии и Южной Америки), считается одним из краеугольных камней современной модификации мобилизма — новой глобальной тектоники. В действительности же существование подобных зон представляет объективный факт, но характер процессов, происходящих в них, остается пока недостаточно ясным и может трактоваться по-разному; поэтому обе попытки использовать наличие таких зон как решающий аргумент за или против мобилизма являются в равной мере некорректными.

С конца 50-х годов идеи мобилизма вновь начинают возрождаться, и в настоящее время его современная форма — новая глобальная тектоника — стала ведущим направлением геотектонической мысли во многих странах Европы и Америки. Широким признанием пользуется она и среди части советских геологов и геофизиков. Возрождению мобилизма способствовали, прежде всего, достигнутые в послевоенные годы успехи в изучении дна океанов. В частности, были установлены коренные отличия океанической коры от материковой, выявлена мировая система рифтовых зон, в которых происходит раздвижение (спрединг) и образование новой океанической коры, обнаружены полосовидные магнитные аномалии в океане и т. д. Важную роль в «реабилитации» мобилизма сыграли также палеомагнитные исследования, указывающие, что взаимное расположение материковых и островных блоков не было постоянным, а также результаты тектонического изучения многих складчатых областей, говорящие о широком развитии в них покровных деформаций, порожденных сильным боковым сжатием.



Могилка А. Вегенера в Гренландии.

Возрождение мобилизма вызвало, естественно, и новую волну интереса к творческому наследию Вегенера. Однако современный мобилизм во многом существенно отличается от «классической» вегенеровской концепции. Так, у Вегенера отдельные материковые глыбы «свободно» плавали по субстрату, а, согласно глобальной тектонике, перемещаются «литосферные плиты», которые включают как континенты, так и части океанов и в совокупности целиком слагают верхнюю оболочку Земли. У Вегенера активной движущей силой обладали сами плавающие континентальные глыбы, а в глобальной тектонике континентальные блоки в составе литосферных плит пассивно дрейфуют, покоясь на подвижном пластичном астеносферном слое, расположенном в верхней части мантии. «Мотор» же, приводящий в действие механизм конвективных течений в мантии, следует искать гораздо глубже: возможно, на границе мантии и ядра. Согласно Вегенеру, имеет место лишь относительное перемещение отдельных сиалических глыб по поверхности Земли, а в глобальной тектонике происходит непрерывное «поглощение» части коры в одних зонах земного шара и ее образование — в других.

Несмотря на стройность и изящест-

<sup>10</sup> Так называемые зоны Заварицкого — Беньюфа.

во, обеспечившие широкую популярность концепции тектоники плит, она разделяется далеко не всеми геологами и геофизиками. Дело в том, что в своей современной форме эта концепция, созданная, прежде всего, для истолкования структуры и происхождения ложа океанов, не в состоянии объяснить многие закономерности строения и развития континентов и, в особенности, их внутренних наиболее древних зон — платформенных областей. С позиций тектоники плит удовлетворительно объясняется лишь самая поздняя, мезокайнозойская стадия истории Земли, составляющая не более 5% ее общей продолжительности, а к докембрию она, по видимому, очень мало применима. Наконец, геофизические исследования последних лет показали, что так называемый астеносферный слой, по которому будто бы скользят литосферные плиты, в действительности отчетливо выражен лишь под тектонически и вулканически активными зонами океанов и материков, а под другими областями Земли проявляется слабо, либо практически отсутствует. Кора под такими областями оказывается неразрывно связанной с верхней мантией, по крайней мере до глубины 500 км. Следовательно, если подобные области литосферы вообще способны к горизонтальному перемещению, то оно могло происходить либо в виде скольжения гораздо более мощных глыб по очень глубоким слоям мантии, либо лишь в течение отдельных фаз истории Земли, когда (как это уже давно предполагал Джолли) имел место сильный разогрев и хотя бы частичное плавление верхней части мантии.

Итак, неомобилистские представления сталкиваются с весьма серьезными трудностями, и это оправдывает одновременное существование в современной геотектонике других, альтернативных концепций, таких как фиксизм и гипотеза расширения Земли. Последняя, подобно мобилизму, принимает как факт взаимное расхождение континентальных массивов в течение мезокайнозоя, но вместе с тем не отрывает земную кору этих массивов от их очень глубоких мантийных «корней» и, тем самым, позволяет понять длительное унаследованное развитие континентальных структур<sup>11</sup>. Таким образом, мобилизм в форме плавления континентальных

глыб, созданный более 60 лет назад талантом Вегенера, стал достоянием истории геологической науки. Многие прогрессивные элементы его смелой мобилистской концепции, расшатавшей основания традиционных тектонических представлений, «рациональные зерна» гипотезы Вегенера, равно как и его оригинальные идеи в областях сравнительной планетологии и метеорологии, навсегда остались в золотом фонде науки, вызывая глубокое уважение и неостывающий интерес к замечательной личности и богатому творческому наследию Альфреда Вегенера.

Юбилей Вегенера широко отмечается мировой научной общественностью. В связи с этой датой уже появились первые публикации в научных журналах различных стран. В январе 1980 г. в Западном Берлине прошел международный научный симпозиум, посвященный творчеству Вегенера и дальнейшему развитию его идей. В нем, в частности, приняли участие семеро товарищей Вегенера по последней гренландской экспедиции и одна из его дочерей. В ноябре состоится юбилейная конференция Геологического общества ГДР и совместная юбилейная сессия Московского общества испытателей природы и геологического факультета Московского государственного университета, посвященная творческому наследию Вегенера и роли его идей в современной науке.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Вегенер А.** ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЛУНЫ И ЕЕ КРАТЕРОВ. Пер. с нем. М.— Пг., 1923.  
**Вегенер А.** ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАТЕРИКОВ И ОКЕАНОВ. Пер. с нем. М.— Л., 1925.  
**Вегенер А.** ТЕРМОДИНАМИКА АТМОСФЕРЫ. Пер. с нем. М.— Л., 1938.  
**Борисяк А. А.** ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ.— «Природа», 1922, № 2.  
**Шатский Н. С.** ГИПОТЕЗА ВЕГЕНЕРА И ГЕОСИНКЛИНАЛИ.— Избр. труды, т. II. М., 1964.  
**НОВАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА (ТЕКТОНИКА ПЛИТ).** Сб., пер. с англ. М., 1974.

<sup>11</sup> См.: Милановский Е. Е. Пульсации и расширение Земли — возможный ключ к пониманию ее тектонического развития и вулканизма в фанерозое.— «Природа», 1978, № 7.

## Международное сотрудничество в области исследования космического пространства

В июне 1980 г. в Будапеште [Венгрия] проходила XXIII сессия КОСПАРА — Комитета по космическим исследованиям [Committee on Space Research]. Эта международная организация была создана в октябре 1958 г. по инициативе Международного совета научных союзов. В настоящее время членами КОСПАРА являются национальные комитеты (это, как правило, академии наук) 34 стран. Академия наук СССР — член КОСПАРА с 1959 г.

Цель КОСПАРА — содействовать прогрессу в изучении космического пространства в международном масштабе. Эту задачу Комитет осуществляет через Международный совет научных союзов, входящие в него научные союзы и Национальные академии наук. Так, советские специалисты участвуют в работе КОСПАРА через совет «Интеркосмос» при Академии наук СССР.

Следует подчеркнуть, что КОСПАР занимается главным образом результатами фундаментальных научных исследований, полученных с помощью ракет, спутников и космических аппаратов, в отличие, например, от Международной астронавтической федерации, которая основное

внимание уделяет вопросам технических средств исследования космического пространства и перспективам их создания. Вместе с тем КОСПАР зарегистрирован как консультант ООН по проблемам, связанным с научными исследованиями космического пространства.

I сессия КОСПАРА состоялась в ноябре 1958 г. в Лондоне; с этого момента Комитет и его Исполнительный совет собираются ежегодно. На первых сессиях оформилась структура КОСПАРА, был разработан и принят (в январе 1960 г.) устав организации. Высшим руководящим органом КОСПАРА является Пленум, проводимый (до 1980 г.) ежегодно в периоды сессии КОСПАРА. В промежутках между пленумами научно-организационной деятельностью руководит Исполнительный совет, в состав которого входят президент, два вице-президента и четыре члена, образующие Бюро и выбираемые на срок три года, а также представители 13 международных научных союзов (среди них Международный астрономический союз, Международный математический союз, Международный союз по теоретической и прикладной механике, Между-

народный геологический союз и др.). В Париже постоянно функционирует Секретариат КОСПАРА, возглавляемый исполнительным секретарем.

До последнего времени научная и научно-организационная деятельность КОСПАРА проводилась в рамках специализированных рабочих групп, охватывающих основные научные направления космических исследований. В начале деятельности Комитета рабочих групп было только три, а сессии первого десятилетия включали, как правило, один-два симпозиума. К 1970 г. рабочих групп стало уже семь; выросло и число симпозиумов по наиболее актуальным проблемам космических наук.

Такая структура и процедура работы КОСПАРА в основных чертах просуществовали до 1980 г., когда было решено проводить сессии один раз в два года. В таком же режиме будет функционировать Исполнительный совет, однако Бюро будет собираться по крайней мере раз в год. Прекращена деятельность существующей системы рабочих групп; вместо них принята система междисциплинарных рабочих комиссий, которые проводят свои тематические заседания во время сессий. Сейчас таких научных комиссий семь.

## XXIII сессия КОСПАРА

Доктор А. Шомоди, председатель программного комитета симпозиума КОСПАРА «Космические лучи в гелиосфере», член Местного организационного комитета КОСПАРА Центральный институт физических исследований Венгерской академии наук Будапешт

4 октября 1957 г. в день запуска в СССР первого искусственного спутника Земли началась новая эра в истории науки, эра освоения космического

пространства. Для развития новой отрасли науки Международным советом научных союзов — организацией научных работников самого высокого ранга — в 1958 г. был создан Комитет по космическим исследованиям. В резолюции Международного совета отмечалось, что «основная задача КОСПАРА — представление специалистам всего мира возможности широко использовать спутники и космические зонды для научных исследований космического пространст-

ва и организация обмена информацией по результатам исследований на основе взаимности».

XXIII сессия КОСПАРА проходила в Будапеште со 2 по 14 июня 1980 г. Комитет, как обычно, провел два заседания. Первое, предназначенное для всех участников, включало церемонию открытия и доклады национальных представителей о работе в области космических исследований в странах, принимающих участие в деятельности КОСПАРА.

Заседание проходило в большом церемониальном зале Медицинского университета г. Будапешта. Сессию приветствовали заместитель премьер-министра Венгрии Д. Секер, президент КОСПАРА Ж. Денисс, представитель ООН Д. Фельске, который прочел обращение Генерального секретаря ООН К. Вальдхайма к участникам XXIII сессии КОСПАРА, и другие.

Второе заседание Комитета было организационным: в его повестку входили дискуссии и формулировки новых рекомендаций и решений по долговременному международному сотрудничеству в области космических исследований. Кроме того, деловые встречи проводились различными межотраслевыми научными комитетами и комиссиями КОСПАРА.

Научные встречи, проходившие под эгидой КОСПАРА, включали 7 симпозиумов, 2 рабочих семинара и 13 тематических заседаний. Это количество научных мероприятий было рекордным за все время существования КОСПАРА. Конечно, здесь невозможно дать исчерпывающего и даже краткого обзора 790 прочитанных докладов и следующих за ними дискуссий. Мы ограничимся несколькими темами, выбранными с тем, чтобы дать представление о широком диапазоне рассмотренных вопросов. Составитель этих примеров приносит свои извинения за упущения и неизбежную предвзятость в процессе отбора.

Примеры будут сгруппированы по четырем темам:

- астрофизические исследования из космоса, исследование Солнца, планет и межпланетного пространства (по этой теме было доложено 325 работ);

- исследование Земли и околоземного космического пространства — атмосферы, ионосферы, магнитосферы (270 работ);

- экспериментальные методы, прикладные науки — космическая геодезия, космическое материаловедение, природные ресурсы, дистанционное зондирование (140 работ);

- космическая биология и медицина (55 работ).

Первой теме были посвящены три симпозиума и пять специальных заседаний. На симпозиуме по достижениям в исследовании планет особое внимание участников привлекли отличные изображения планеты Юпитер и ее спутников, полученные с помощью американских космических аппаратов «Вояджер-1 и -2», и соответствующие научные результаты, а также детальные измерения состава атмосферы Венеры, проведенные на спускаемых аппаратах советских станций «Венера-11 и -12».

Наиболее интересные результаты симпозиума по космическим лучам в гелиосфере были представлены в теоретических работах, касающихся трехмерного рассмотрения переноса космических лучей, в противоположность предшествующим двумерным исследованиям, ограничивающимся плоскостью эклиптики. Эти исследования особенно важны сегодня в связи с тем, что на американской станции «Пионер-11» благодаря тому, что она на 17° отклонилась от плоскости эклиптики, несколько лет назад впервые были выполнены внеэклиптические измерения потока космических лучей, плазмы и магнитного поля. В ближайшие годы запланировано проведение Солнечного полярного эксперимента (американо-европейский проект): два космических аппарата, пролетая над обоими полюсами Солнца, будут одновременно выполнять наблюдения за корпускулярным и электромагнитным излучением Солнца.

Интерес специалистов вызвали результаты, полученные на космических аппаратах «Гелиос-1, -2» и «Венера-11, -12», а также на спутниках серии «Прогноз», «ISEE», в особенности результаты, касающиеся распространения солнечных частиц высоких энергий и механизма ускорения частиц на межпланетных ударных волнах. Так, измерения на «Прогнозе-6» показали, что ударные волны в солнечном ветре могут ускорять частицы, даже если фронт волны далеко не перпендикулярен направлению

магнитного поля. На основе сравнения энергетического спектра электронов вспышки и спектра жестких рентгеновских лучей, наблюдавшихся на «Венере-11», был оценен размер области ускорения и показано, что она меньше средней длины свободного пробега электронов.

Большой интерес вызвало сообщение на симпозиуме «Теоретические проблемы в астрофизике высоких энергий» об астрофизических следствиях существования ненулевой массы покоя у нейтрино. Согласно измерениям, проведенным специалистами Института теоретической и экспериментальной физики (Москва), масса электронного нейтрино составляет примерно 25 эВ. Если дальнейшие эксперименты подтвердят этот результат и окажется, что два других типа нейтрино (мюонное и  $\tau$ -нейтрино) имеют подобные массы покоя, то наши представления об истории Вселенной, вероятно, придется совершенно изменить. Расширяющуюся Вселенную следовало бы заменить на осциллирующую (т. е. расширяющуюся, сжимающуюся, вновь расширяющуюся и т. д.). Возраст Вселенной может оказаться вдвое меньше предполагавшегося до сих пор. Кроме того, конечные и различные массы покоя позволили бы разным типам нейтрино превращаться друг в друга, и этим можно было бы объяснить экспериментально обнаруженный дефицит солнечных нейтрино в опытах Дэвиса.

Исследования атмосферы, проводимые из космоса, были представлены главным образом на симпозиуме, где рассматривались предварительные результаты системы наблюдений Первого глобального эксперимента (FGGE) Глобальной программы атмосферных исследований (GARP). Результаты касаются общей системы циркуляции в атмосфере, структуры тропосферы и радиационного «бюджета» системы Земля — атмосфера. Во время измерений ультрафиолетового поглощения, выполненных на спутниках «Интеркосмос-11 и -16», были обнаружены периодические и

вызванные солнечной активностью вариации плотности озонового слоя. С помощью измерений, проведенных на ракете «Вертикаль-6», удалось зарегистрировать ранее не наблюдавшиеся направленные вниз потоки ионов в ионосфере.

Наиболее разнообразны по тематике доклады были связаны с техникой экспериментов и прикладными науками. Так, один из симпозиумов был посвящен использованию высотных баллонов для научных исследований. Поразительно, как этот старый классический метод завоевывает все новые и новые области науки — от звездной триангуляции до изучения других планет — и как быстро усовершенствуется его техника: улучшается точность поддержания заданной высоты, увеличивается продолжительность и дальность полетов вплоть до планируемого перелета через Тихий океан. Одновременно развиваются и новые методы исследования, такие как использование лазерной техники в спутниковой геодезии. С помощью этого метода было

точно установлено, что высота американского спутника «Лягеос» уменьшается на 1 мм в день; такое уменьшение высоты не может быть объяснено сопротивлением воздуха, так как высота спутника очень велика. Эти наблюдения представляют интересную теоретическую проблему в области гравитации.

Значительный прогресс достигнут в области дистанционных исследований земной поверхности. Ряд работ был посвящен исследованию поверхности отдельных районов Венгрии; изучалась тектоника Матранских гор, различные оптические свойства оз. Балатон.

Сравнительно небольшое количество работ было представлено по проблемам космической биологии и медицины. Это связано с тем, что Международный союз биологических наук запланировал проведение в Будапеште Всемирного биологического конгресса всего через месяц после сессии КОСПАРА; на этот биологический конгресс представлено большинство работ по космической биологии и космиче-

ской медицине. Тем не менее новые интересные результаты были доложены на симпозиуме «Физико-химические границы жизни в Солнечной системе». С большим вниманием были выслушаны сообщения о данных, полученных со спутников серии «Космос» и со станции «Салют», а также об исследованиях, выполненных на борту станции «Салют-6» первым венгерским космонавтом Б. Фаркашем и советскими космонавтами В. В. Кубасовым, Л. И. Поповым и В. В. Рюминым. В экспериментах проверялось действие термолюминесцентного дозиметра нового типа, разработанного в Венгрии, и составлялись карты измеренных долговременных доз на различных участках орбиты станции «Салют-6».

Все 750 участников XXIII сессии КОСПАРА работали в истинно научной атмосфере, где доминировала общая цель — развитие науки в пользу человечества. Очередная XXIV сессия КОСПАРА состоится в 1982 г. в Оттаве (Канада).

## НОВОСТИ НАУКИ

### Планетология

## Высокогорное плато на Венере

При радиолокационных измерениях высот поверхности Венеры с американского спутника «Пионер-Венера» в северном полушарии планеты обнаружена крупная возвышенность, площадь которой в два раза больше Тибетского нагорья на Земле. Возвышенность расположена между 60 и 75° с. ш., 310 и 10° в. д. Она представляет собой плато, приподнятое на 4,5 км над прилегающей с юга равниной. С севера, востока и запада плато окружено горными хребтами. Восточный хребет, известный ранее по радиолока-

ционным наблюдениям с Земли как область Максвелла, имеет высоту до 7 км и вытянут с северо-запада на юго-восток на 1000 км. Окружная темная в радиодиапазоне область поперечником 1600 км, лежащая к западу от Максвелла, считалась на основании наблюдений с Земли крупной впадиной типа кольцевого моря на Луне<sup>1</sup>. Теперь установлено, что это обширное высокогорное плато; хребты, окружающие его с запада и севера, ниже, чем восточный хребет (Максвелла). Однако со спутника «Пионер-Венера» не удалось полностью закартировать северный хребет. Возможно, на территории, рас-

положенной за пределами съемки, он достигает больших высот.

Члены группы радиолокационного эксперимента на спутнике «Пионер-Венера», возглавляемой Г. Петтингиллом (Массачусетский технологический институт, США), считают, что полярное плато сформировалось в результате поднятия коры планеты при тектонических процессах. Высокие хребты, окружающие его, могли возникнуть как за счет тектонических процессов, так и в результате вулканической деятельности. Однако положение вулканов в этом случае было определено разломами коры, поскольку форма всех трех хребтов прямолинейная.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1978, № 6, с. 132.

«Science», 1979, v. 205, № 4401, p. 90—96 (США).

## Магнитная релаксация в аналитической, координационной и бионеорганической химии

О. В. Михайлов



Олег Васильевич Михайлов, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Казанского научно-исследовательского технологического и проектного института химико-фотографической промышленности Министерства химической промышленности СССР. Занимается вопросами приложения физических методов к исследованию образования комплексных соединений в растворах и фотохимии координационных соединений.

За последние два-три десятилетия в химии наметилась тенденция к широкому внедрению магнитных методов исследования строения вещества. Методы, в которых фиксируется взаимодействие молекул анализируемого соединения с переменным электромагнитным полем, получили особое распространение. Они, в частности, позволяют получить интересные и важные сведения о химических процессах, протекающих в растворах. Одним из таких методов является разновидность широко употребляемого ныне метода магнитного резонанса — ядерная магнитная релаксация. С помощью этого метода удается получить сведения о быстро протекающих изменениях в растворах. Такие изменения во многих случаях трудно, а иногда и совсем невозможно зарегистрировать, применяя другие физико-химические методы исследования. Это обстоятельство делает метод ядерной магнитной релаксации весьма целесообразным при непрерывном контроле в научной и практической деятельности.

Каковы же самые общие принципы данного метода исследования?

Известно, что молекулы любого химического соединения имеют набор атомных ядер с суммарным ядерным спином  $I$  и соответствующим магнитным моментом  $\mu$ . Рассмотрим случай, когда  $I > 0$ . В отсутствие внешнего магнитного поля энергия

состояний с различными ориентациями ядерных спинов одна и та же (вырожденное состояние) и зависит лишь от температуры. Снять вырождение по энергиям можно, поместив данную систему в постоянное магнитное поле напряженностью  $H_0$ . После того как в системе устанавливается термодинамическое равновесие, возникает и определенный перевес в заселенности низшего уровня по сравнению с уровнем с большей энергией. Этот перевес определяется следующим соотношением:

$$n_+ / n_- = \exp(-\mu H_0 / kT),$$

где  $n_+$  и  $n_-$  — заселенности верхнего и нижнего уровней соответственно,  $k$  — постоянная Больцмана и  $T$  — абсолютная температура.

Наложив теперь на эту систему переменное электромагнитное поле и варьируя значение его частоты, можно добиться точного совпадения энергии кванта данного поля с разностью энергий двух указанных выше уровней (для которых разрешен переход). Тогда из-за преимущественного перехода ядер с нижнего уровня на верхний энергия электромагнитного излучения будет поглощаться и в радиоволновой области спектра появляется характерный сигнал поглощения. Общая энергия системы вследствие такого избирательно-



го поглощения квантов возрастет, и, как следствие, увеличивается заселенность верхнего уровня.

Казалось бы, поглощение энергии данной системой должно вовсе прекратиться в момент, когда заселенности верхнего и нижнего уровней станут одинаковыми ( $n_+ = n_-$ ), и соответствующий сигнал в спектре поглощения должен исчезнуть. Однако этого никогда не происходит, поскольку всегда реализуется и обратный процесс, благодаря которому ядро вновь возвращается из возбужденного состояния в основное. Такой процесс получил общее название релаксации.

Ясно, чтобы вернуться в основное состояние, ядро должно как-то «сбросить» свою избыточную энергию. Здесь возможны два варианта. В первом случае микрочастицы передают энергию своему молекулярному окружению — решетке. Такой процесс называют спин-решеточной релаксацией. При другом варианте ядро распределяет свою энергию по всей системе ядерных спинов. Здесь имеет место спин-спиновая релаксация. Скорости этих процессов характеризуются временами спин-решеточной  $T_1$  и спин-спиновой  $T_2$  релаксации.

Вполне очевидно, что сказанное относится лишь к тем ядрам, для которых, в принципе, возможно наблюдение ядерного магнитного резонанса. Диамагнитные ядра со спином  $I=0$ , как известно, вообще не дают сигналов резонансного поглощения, поскольку в данном случае не происходит какого-либо расщепления уровней под влиянием внешнего поля. Спектры же ядер с  $I > 1$  удалось наблюдать лишь в отдельных немногих случаях. Таким образом, практическое наблюдение ядерного магнитного резонанса, равно как и ядерной магнитной релаксации, оказывается возможным лишь для систем, содержащих ядра со спином  $I = 1/2$ ; к ним относятся, например,  $H^1$ ,  $C^{13}$ ,  $F^{19}$ ,  $P^{31}$ .

С точки зрения физической химии чрезвычайно важно, что в число «избранных» ядер входит и протон. Благодаря этому область применения как ядерного магнитного резонанса, так и релаксации оказывается весьма широкой. Несколькими забегая вперед, отметим, что подавляющее большинство исследований по магнитной релаксации было проведено именно в водных растворах.

Внимание химиков к этому методу привлек тот факт, что скорость как спин-решеточной, так и спин-спиновой релаксации протонов резко возрастает, если

в растворе присутствуют частицы парамагнитных соединений. Именно это обстоятельство и послужило мощным импульсом для широкого внедрения метода в неорганическую, аналитическую химию и близкие ей отрасли химической науки.

## МЕТОД ЯДЕРНОЙ МАГНИТНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Еще в середине 50-х годов А. А. Попель (Казань) обратил внимание на возможность использовать явление ядерной магнитной релаксации для анализа неорганических соединений. Для этого можно было измерить скорости, с которыми устанавливается термодинамическое равновесие в системе, находящейся в постоянном магнитном поле, после воздействия на нее электромагнитных колебаний радиочастотного диапазона. Например, в 0,1 М водном растворе  $Fe(NO_3)_3$  время спин-решеточной релаксации при частоте поля 21 МГц составляет 0,007 с, а для чистой воды — 3,6 с.

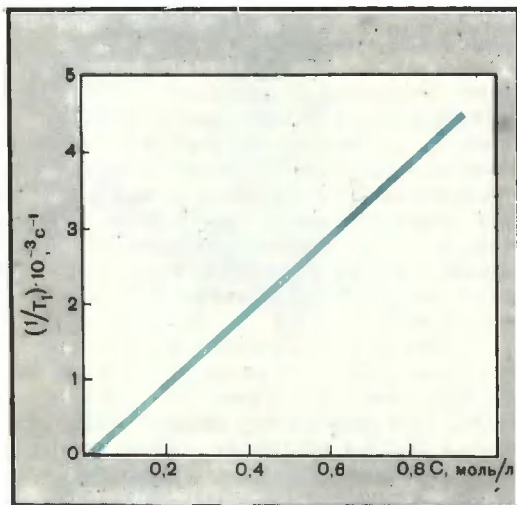
Объяснить уменьшение времени релаксации протонов воды (подчас очень резкое, как в случае с раствором  $Fe(NO_3)_3$ ) в присутствии парамагнитных частиц в водных растворах можно следующим образом. Поскольку магнитные моменты неспаренных электронов, присутствующих в парамагнетиках, примерно в 1000 раз больше магнитных моментов ядер, эффективность передачи избыточной энергии ядра как решетке, так и в результате спинового обмена с соседними ядрами резко возрастает. А следовательно, увеличивается и скорость релаксации. Фактически перед нами — не что иное, как некий катализатор процесса установления в данной ядерной системе термодинамического равновесия.

Таким образом, метод магнитной релаксации мог бы служить для качественного определения парамагнитных частиц в различных растворах. Однако уже первые количественные исследования влияния парамагнитных примесей на времена релаксации позволили выявить на удивление простую закономерность: скорости релаксации протонов воды  $1/T_1$  и  $1/T_2$  оказались линейно зависящими от концентрации парамагнитных частиц (С):

$$1/T_1 = K_1 C + 1/T_{1B}, \quad 1/T_2 = K_2 C + 1/T_{2B},$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — постоянные величины, получившие название коэффициентов релак-

сационной эффективности,  $1/T_{1B}$  и  $1/T_{2B}$  — скорости спин-решеточной и спин-спиновой релаксации протонов в чистой воде. Как правило, значения этих скоростей в условиях проведения аналитических измерений оказываются значительно меньшими, чем  $K_1C$  и  $K_2C$ , и зависимости можно практически считать прямо пропорциональными. Величины коэффициентов релаксационной эффективности зависят от природы парамагнитного иона и ядер, на которых ведется наблюдение данного процесса, а также от характера их взаимодей-



Изменение скорости релаксации протонов воды  $[1/T_1]$  в растворах азотнокислого хрома  $Cr(NO_3)_3$  в зависимости от концентрации  $[C]$  ионов  $Cr^{3+}$ . Видно, что эта зависимость носит практически линейный характер.

ствия в данном растворителе. Поэтому коэффициенты с полным правом можно считать показателями, характеризующими степень влияния парамагнитной частицы на процесс релаксации ядер.

Диапазон, в котором меняются значения коэффициентов, довольно велик (см. табл. 1). Интересно, что наиболее эффективными в релаксационном отношении оказываются ионы с d- или f-оболочками, заполненными наполовину ( $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Gd^{3+}$ ,  $Eu^{2+}$ ). Простота формул для определения скорости релаксаций  $1/T_1$  и  $1/T_2$ , хорошее согласие их с экспериментальными данными позволяют надеяться на успешное использование в аналитической химии метода ядерной магнитной релаксации.

Разберем подробнее его достоинства. Как показало теоретическое рассмотрение, с помощью этого метода можно определять концентрации парамагнитных ионов в весьма широких пределах. Основное условие, гарантирующее успех аналитического опыта, заключается в строгом соблюдении постоянства значений коэффициентов релаксационной эффективности в ходе эксперимента. Обнаружено, что на эти показатели существенного влияния не оказывают ни наличие диамагнитных соединений (причем в очень больших концентрациях), ни кислотность среды, ни вязкость раствора, ни температура. Уже перечисленного вполне достаточно, чтобы рекомендовать метод в практику анализа. Более того, как выяснилось, метод магнитной релаксации по точности определения малых концентраций парамагнитных ионов превосходит и потенциометрический и по-

Таблица 1

Коэффициенты релаксационной эффективности ( $K_1$ ) некоторых парамагнитных ионов (при  $t=20^\circ C$  и  $\nu=21$  МГц)

Ион	Электронная конфигурация	$K_1$ , моль <sup>-1</sup> · с <sup>-1</sup>	Ион	Электронная конфигурация	$K_1$ , моль <sup>-1</sup> · с <sup>-1</sup>
$Ti^{3+}$	$3d^1$	800	$Cu^{2+}$	$3d^9$	1000
$VO^{2+}$	$3d^1$	750	$Pr^{3+}$	$4f^2$	17
$V^{3+}$	$3d^2$	175	$Eu^{3+}$	$4f^6$	40
$Cr^{3+}$	$3d^3$	5100	$Sm^{3+}$	$4f^5$	5
$Mn^{2+}$	$3d^5$	10 000	$Gd^{3+}$	$4f^7$	15 100
$Fe^{3+}$	$3d^5$	14 100	$Eu^{2+}$	$4f^7$	11 100
$Fe^{2+}$	$3d^6$	410	$Dy^{3+}$	$4f^9$	650
$Co^{2+}$	$3d^7$	190	$Ho^{3+}$	$4f^{10}$	430
$Ni^{2+}$	$3d^8$	650	$Er^{3+}$	$4f^{11}$	400

Примечание. Значения  $K_2$  близки к  $K_1$ .

лярографический методы, а в ряде случаев — даже широко распространенный сейчас спектрофотометрический. Важно и то, что с помощью данного метода можно определять концентрации парамагнетиков в сравнительно малых объемах анализируемых растворов ( $< 0,2$  мл), и, кроме того, здесь не требуется готовить растворы сравнения (как в спектрофотометрии). Хорошо и то, что метод магнитной релаксации можно применять для анализа сильно окрашенных и даже совсем мутных растворов.

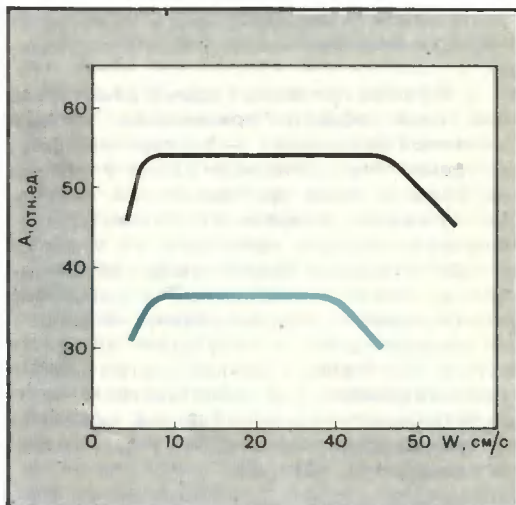
Сказанное не означает, к сожалению, что данный метод лишен каких-либо недостатков. В частности, по своей универсальности он явно уступает всем трем названным ранее методам анализа, поскольку позволяет определять концентрации лишь парамагнитных соединений. Немаловажно, что для проведения анализа здесь необходима довольно сложная и к тому же дорогая аппаратура (хотя со временем эта трудность может быть преодолена).

Тем не менее перспективы внедрения данного метода в практику неорганического анализа выглядят достаточно основательными. Например, одной из труднейших проблем аналитической химии, которая еще и сейчас не может считаться разработанной до конца, является анализ смеси редкоземельных элементов (лантаноидов). Близость их химических характеристик из-за большого сходства в строении внешних электронных оболочек затрудняет применение как чисто химических, так и ряда физических аналитических методов. А вот по магнитно-релаксационным параметрам ионы редкоземельных элементов довольно существенно отличаются друг от друга (см. табл. 1). Поэтому, в принципе, возможно раздельное определение этих ионов в смеси с другими парамагнитными «соседями» (например, была доказана возможность определить данным методом европий на фоне тербия, гольмия, иттербия и некоторых других лантаноидов). Правда, здесь необходимо, наверное, сделать оговорку: анализ методом магнитной релаксации не позволяет определить химическую природу ионов — это нужно делать уже другими приемами. Да и вообще его применение возможно только после предварительного проведения качественного анализа смеси. Сказанное относится, конечно, не только к лантаноидам, но и ко всем парамагнитным ионам вообще.

Следует заметить, что избирательность метода магнитной релаксации в ко-

личественном анализе можно значительно повысить чисто химическими приемами (в частности, «маскировать» ионы, связывая их в комплексные соединения, осаждая, экстрагируя и т. д.).

Уже говорилось, что при определении концентраций парамагнетиков влияние диамагнитного фона практически не сказывается, во всяком случае, до концентраций 1 моль/л и даже более. Но и превысив эту концентрацию, анализ можно проводить с большой точностью. Для этого надо предварительно построить калибро-



Изменение амплитуды сигнала резонансного поглощения  $[A]$  от скорости потока  $[W]$  через датчик для двух растворов: для  $Mn(NO_3)_2$  (чёрная кривая), концентрация  $C = 2,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л и для  $Co(NO_3)_2$  (цветная кривая),  $C = 1,6 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Отчетливо заметны широкие диапазоны скоростей потока, где амплитуда сигнала не зависит от скорости движения раствора.

точные графики по стандартным растворам, содержащим диамагнитные ионы в концентрациях, близких к тем, что в анализируемом растворе.

Более серьезным в ряде случаев оказывается влияние растворенного в воде кислорода. Его коэффициент релаксационной эффективности довольно велик ( $K_1 = 100$  моль $^{-1} \cdot$  с $^{-1}$ ) и при насыщении чистой воды кислородом время спин-решеточной релаксации протонов снижается с 3,6 до 2,3 с. Однако в большинстве случаев кислород довольно легко удаляется из анализируемого раствора: например, кипячением. И тогда можно добиться высокой точности анализа даже в тех случаях, когда коэффициент релаксационной эф-

Таблица 2

Коэффициент релаксационной эффективности  $K_1$  для некоторых свободных ионов и их комплексов

Ион или его комплекс	$K_1$ , моль <sup>-1</sup> · с <sup>-1</sup>	Ион или его комплекс	$K_1$ , моль <sup>-1</sup> · с <sup>-1</sup>	Ион или его комплекс	$K_1$ , моль <sup>-1</sup> · с <sup>-1</sup>
$\text{Cu}^{2+}$	1000	$\text{Fe}^{2+}$	14 100	$\text{Cr}^{3+}$	5100
$\text{Cu}(\text{ГИНК})^{2+}$	1400	$\text{Fe}(\text{ГИНК})^{3+}$	520	$\text{Cr}(\text{CN})_3^{3-}$	490
$\text{Cu}(\text{Sem})^{2+}$	680	$\text{Fe}(\text{Sal})^{3+}$	1950	$\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$	575
$\text{Cu}(\text{МЭА})_2^{2+}$	850	$\text{Fe}(\text{SSal})^{3+}$	1930	$\text{Cr}(\text{en})_3^{3+}$	500

Примечание. ГИНК — гидразид изоникотиновой кислоты, Sem — семикарбазид, МЭА — моноэтаноламин, Sal — салициловая кислота, SSal — сульфосалициловая кислота, en — этилендиамин.

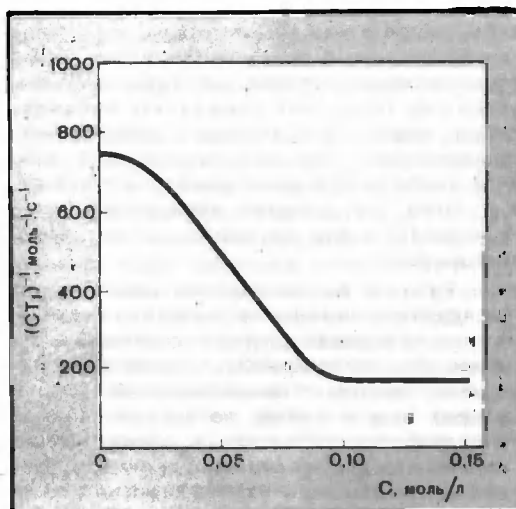
эффективности у определяемого парамагнетика сравним или меньше, чем у кислорода.

В самое последнее время наметилась еще одна область применения метода магнитной релаксации — определение концентраций парамагнитных ионов в потоке раствора и даже дистанционный анализ. Эксперименты показали, что амплитуда сигнала резонансного поглощения в определенном интервале скоростей движения потока остается постоянной. Это позволяет регистрировать концентрации, непрерывно изменяющиеся в результате движения потока. Вот почему данный метод можно рекомендовать и для аналитического контроля технологических процессов, где химические реакции протекают в движущихся жидкостных потоках.

Не останавливаясь подробно на описании нового применения этого метода (находящегося пока в стадии разработки), стоит обратить внимание на следующее достоинство<sup>1</sup>. Энергия, поглощаемая анализируемым образцом и датчиком, незначительна, что практически исключает какие-либо воздействия на течение химических реакций.

### НОВЫЙ МЕТОД В КООРДИНАЦИОННОЙ ХИМИИ

Среди огромного разнообразия химических веществ выделяется интересная группа координационных, или комплексных, соединений. В их молекулах имеется центральный атом или ион (чаще всего это ионы металла различной валентности), определенным образом окруженный молекулами (ионами) органических либо



Зависимость скорости спин-решеточной релаксации  $(\text{СТ})^{-1}$  протонов воды от концентрации  $(\text{С})$  анионов  $\text{HPO}_2^-$  в системе ион ванадила  $\text{VO}^{2+}$  — гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Концентрация ионов  $\text{VO}^{2+} = 5 \cdot 10^{-3}$  моль/л. С ростом концентрации анионов  $\text{HPO}_2^-$  степень связывания парамагнитного иона в комплекс увеличивается. Это приводит к снижению скорости релаксации. Когда же ири металла оказывается практически полностью связанным в комплекс, скорость релаксации уже не изменяется с дальнейшим ростом концентрации анионов  $\text{HPO}_2^-$ . Более детальное исследование данной системы показало, что в процессе комплексобразования возникает комплекс состава  $\text{VO}(\text{HPO}_4)$ .

неорганических соединений (лигандами). Химические связи в данном случае образуются за счет того, что лиганды поставляют на электронные оболочки центрального иона часть своих электронов, т. е. являются донорами электронных пар.

Развитие химии показало, что комплексные соединения играют важную роль в целом ряде биохимических процессов, в химической технологии, катализе и т. д. В то же время хорошо известно, что

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Попель А. А. Применение ядерной магнитной релаксации в анализе неорганических соединений. Изд. Казанского ун-та, 1975.

большая часть реакций комплексообразования протекает в водных растворах различной кислотности. Поэтому весьма актуальной задачей является совершенствование методов, позволяющих исследовать системы, в которых образуются указанные соединения.

Оказалось, что для этого можно использовать давно известное свойство парамагнетика: свободный ион и его соединение, в частности комплексное, имеют свои значения коэффициента релаксационной эффективности, нередко весьма различающиеся между собой (см. табл. 2). И если при изменении концентрации или кислотности водного раствора органического или неорганического соединения, содержащего парамагнитный ион, меняется скорость релаксации протонов воды, значит, в растворе образуются комплексные соединения. На этом эффекте и основано применение метода ядерной магнитной релаксации в координационной химии.

При комплексообразовании органические или неорганические лиганды окружают парамагнитный ион и зачастую увеличивают расстояние наибольшего сближения между парамагнитными ионами и ядрами. Это обстоятельство во многих случаях приводит к резкому уменьшению коэффициента релаксационной эффективности при комплексообразовании (в сравнении со свободным ионом).

По изменению релаксационных характеристик раствора можно судить не только о присутствии в нем того или иного комплексного соединения. На основе этих данных возможен и кинетический анализ реакций. Знание же кинетических параметров позволяет разработать соответствующие приемы контроля процессов, где такие реакции преобладают.

Так, при помощи метода магнитной релаксации обнаружен интересный факт обмена лигандами в ряде комплексных соединений  $\text{Cu}^{2+}$ , в частности со щавелевой кислотой и этилендиамином. Здесь непрерывно происходит медленное вытеснение одних лигандов из внутренней координационной сферы лигандами из внешней координационной сферы. Применяв новый метод, удалось не только выявить сам эффект, до этого остававшийся вообще незамеченным (каким-либо другим физическим методом «поймать» его нельзя), но и дать количественные характеристики обменных процессов. В частности, в случае с этилендиамином изменение энтальпии  $\Delta H = 2,4 \pm 0,2$  ккал/моль, изменение энтропии  $\Delta S = -22 \pm 2$  э. е.

Однако наиболее интересные и важные сведения получены при исследовании процессов образования комплексов металл-лиганд в широком диапазоне кислотности раствора. Эти результаты в сильной степени стимулировали развитие бионеорганической химии, изучающей биохимические реакции с участием ионов различных металлов.

#### МЕТОД ЯДЕРНОЙ МАГНИТНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В БИОНЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

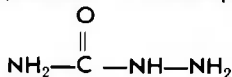
Давно замечено, что иногда даже самое незначительное изменение содержания ряда химических элементов, присутствующих в ничтожных количествах в организме (в первую очередь металлов переходных групп: d- и f-элементов), приводит к заметным функциональным нарушениям. Тем не менее причина этого явления, как, впрочем, и сама биологическая роль микроэлементов, еще во многом не понята. Замечен и другой любопытный факт: даже небольшие количества ионов резко усиливают физиологическую активность ряда препаратов. Например, присутствие  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  может повысить в 8—10 раз эффективность таких противотуберкулезных средств, как тубазид (гидразид изоникотиновой кислоты) и тиосемикарбазид. Не вызывает сомнения, что причину указанных явлений следует искать в образовании специфических комплексных соединений.

Много внимания в свое время уделялось изучению так называемых дыхательных пигментов — комплексных соединений различных ионов металла с порфиринами, обладающих уникальной способностью обратимо присоединять кислород. Столь замечательное качество воплощено, например, в зеленом пигменте листьев — хлорофилле и в крови живых существ. Здесь эти комплексы играют роль своеобразных транспортных средств по доставке кислорода к различным тканям живого организма.

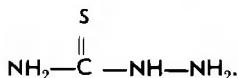
Для исследования процессов образования комплексов ионов переходных металлов с биологически активными лигандами можно использовать метод магнитной релаксации, получая, например, информацию о характере протекающих в растворе равновесных процессов.

Один из подобных примеров — зависимость скорости спин-решеточной релаксации протонов воды  $(\text{CT}_1)^{-1}$  (где С — концентрация парамагнитного иона) от pH в

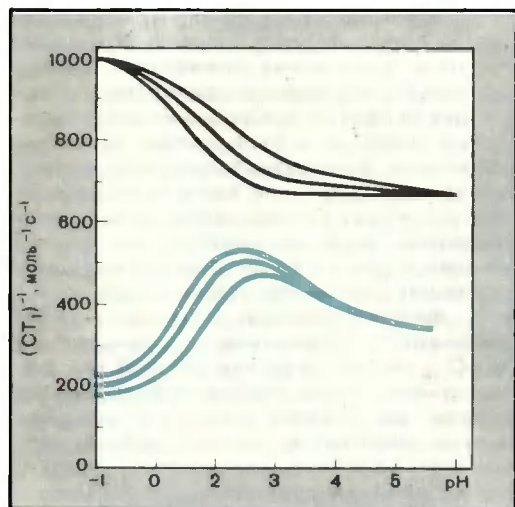
растворах, содержащих фиксированные количества ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и биологически активных соединений — семикарбазида



и его сернистого аналога — тиосемикарбазида



Рассмотрим на последнем примере более подробно, как, используя метод магнит-

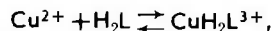


Зависимость скорости спин-решеточной релаксации  $(\text{ST}_1)^{-1}$  протонов воды от pH в растворах, содержащих ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и семикарбазид (черные кривые),  $\text{Cu}^{2+}$  и тиосемикарбазид (цветные кривые). Исследования проводились для разных концентраций биологически активных соединений. Для системы  $\text{Cu}^{2+}$  — семикарбазид верхняя кривая получена при концентрации семикарбазида 0,1 моль/л, средняя — при концентрации 0,2 моль/л, нижняя — при 0,4 моль/л. Для системы  $\text{Cu}^{2+}$  — тиосемикарбазид верхняя кривая получена при концентрации тиосемикарбазида 0,36 моль/л, средняя — при 0,6 моль/л, нижняя — при 0,84 моль/л. Концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  —  $10^{-2}$  моль/л.

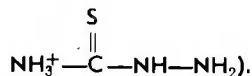
ной релаксации, можно получить информацию о характере протекающих в растворе равновесных процессов.

Как видно из графика, на участке  $\text{pH} < -0,5$  скорость релаксации  $(\text{ST}_1)^{-1}$  не зависит от кислотности среды. Следовательно, процесс здесь идет без выделения или связывания протонов. Более подробное рассмотрение этого диапазона pH (в частности, изучение зависимости

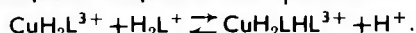
$(\text{ST}_1)^{-1}$  от концентрации лиганда при одном и том же значении кислотности в данном диапазоне) показывает, что ион  $\text{Cu}^{2+}$  и тиосемикарбазид вступают в реакцию в соотношении 1:1 по следующей схеме:



(где  $\text{H}_2\text{L}^+$  — протонированная форма лиганда



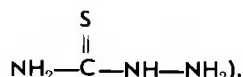
При повышении pH происходит, согласно данным анализа кривых, присоединение второй молекулы лиганда, сопровождающееся отщеплением протона:



Начиная же с  $\text{pH} = 2$  скорость релаксации протонов перестает зависеть от концентрации лиганда, и, следовательно, дальнейший процесс происходит лишь с отщеплением протона:



(где HL — молекулярная форма тиосемикарбазида



В случае же семикарбазида дело обстоит проще. Здесь имеется только одна ступенька с  $(\text{ST}_1)^{-1} = 680$  моль<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>, а значит, образуется только одно комплексное соединение. Более детальный анализ этих кривых позволяет выявить и схему равновесия  $\text{Cu}^{2+} + \text{HL} \rightleftharpoons \text{CuHL}^{2+}$ . Нетрудно заметить, что замена кислорода на серу приводит к резкому изменению и самого характера взаимодействия этих, в общем-то близких, соединений с ионом  $\text{Cu}^{2+}$ .

Мы привели здесь лишь весьма простой случай. Тем не менее на основании таких данных можно получить важные сведения, в частности о составе соединений  $\text{Cu}^{2+}$  с этими биологически активными веществами и области их устойчивости. Это позволяет подойти к решению вопроса о том, какой же из данных комплексов и за счет чего создает наибольший физиологический эффект.

Приведенный пример показывает, насколько интересные результаты можно получить, используя новый метод. В частности, А. А. Попель, Ю. И. Сальников и А. Н. Глебов исследовали таким образом весьма сложные равновесные процессы в растворах, содержащих ионы первого ряда переходных металлов и оксикислоты, жизненно важные для организма — лимонную,

молочную, щавелевую, яблочную и др.<sup>2</sup> Удалось зафиксировать равновесные процессы, прежде ускользавшие от внимания исследователей. (В частности, в системе  $V^{3+}$  — винная кислота было обнаружено в диапазоне  $pH=6-9$  пять равновесных процессов!) Более того, существует ряд приемов (правда, уже косвенных), которые позволяют изучать с помощью метода магнитной релаксации даже диамагнитные ионы и их комплексы, однако здесь необходим парамагнитный ион-индикатор. Данный способ изучен, например, образование комплексов ионов  $Co^{3+}$ ,  $Ir^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$  с теми же оксикислотами<sup>3</sup>. Не вызывает сомнения, что возможности приложения метода магнитной релаксации в бионеорганической химии достаточно многообещающи.

### ВОЗМОЖНОСТЬ ДРУГИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Мы до сих пор говорили в основном о спин-решеточной релаксации, поскольку наблюдать и фиксировать это явление проще, чем спин-спиновую релаксацию. Опыт, впрочем, свидетельствует о том, что в ряде случаев значения  $K_1$  и  $K_2$  довольно близки. Однако зарегистрировано и немало случаев, где соотношение  $K_2/K_1 \approx 1$  не выполняется. Как правило, но далеко не всегда, это наблюдается при ковалентном характере связи между парамагнитным ионом и молекулами лигандов. Иногда подобные отклонения велики: например, в растворах  $Cr(NO_3)_3$  при  $pH=2,5$   $K_2/K_1=1,84$ . Но в некоторых случаях они бывают весьма значительны: так, в аммиачных растворах солей  $Cu^{2+}$   $K_2/K_1 \approx 50$ . Значит, данный метод позволяет получить информацию и о степени ковалентности связи в комплексах.

Если измерить зависимость скорости релаксации от частоты, то можно определить и структурные параметры парамагнитного комплекса: межатомные расстояния, валентные углы, частоты молекулярных движений отдельных групп и т. д. Большую информацию может дать и «зондирование» образующихся в растворе комплексов ядрами различных элементов, входящих в состав этих частиц и несущих различные заряды. Правда, в настоящее время это направление только разрабатывается.

Интересные результаты может дать сочетание релаксационных измерений с изучением спектров ядерного магнитного резонанса высокого разрешения.

Описывая возможности приложения метода магнитной релаксации в неорганической химии, мы практически нигде не упоминали о его аппаратурно-техническом оформлении. Надо признать, что широкое внедрение этого метода в исследовательскую практику во многом задерживается из-за того, что промышленность еще не освоила выпуск соответствующего оборудования.

Несомненно, дальнейшее развитие метода магнитной релаксации наряду с достоинствами выявит и новые недостатки. Однако его ценность от этого несколько не теряется и он вполне заслуживает того, чтобы его развивать далее и по возможности совершенствовать.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Попель А. А. ПРИМЕНЕНИЕ ЯДЕРНОЙ МАГНИТНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В АНАЛИЗЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. Изд. Казанского ун-та, 1975.

Щербakov В. А.— В сб.: СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ХИМИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. М.— Л., 1964.

Попл Д., Шнейдер В., Бернштейн Г. СПЕКТРЫ ЯМР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ. М., 1962.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

## Проблема этногенеза балтов и славян в свете палеогеографии

А. А. Сейбутис



Альгирдас Антанович Сейбутис, кандидат биологических наук, доцент Вильнюсского государственного педагогического института. Научные интересы связаны с проблемами палеогеографии голоцена и топонимики.

В настоящее время еще преобладает представление, что балты когда-то проживали на современных славянских землях. Наибольшую территорию для балтов отводит М. Гимбутас. Согласно ее схеме в начале и в середине бронзового века балты занимали Прибалтику от Одры до Южной Финляндии (включительно), бассейны Вислы и Верхнего Днепра, Северо-запад Русской равнины вплоть до Ладожского и Онежского озер, Подмосковье, Среднее Поволжье и даже часть современной Башкирии<sup>1</sup>. Однако при выделении такой обширной территории для балтов почти не остается места для славян.

Представление об огромной прародине балтов сложилось на первых порах изучения этногенеза индоевропейцев, когда из-за спорадичности археологических данных каждая смена доисторических культур истолковывалась как следствие сплошных миграций. Тогда только что зародившийся сравнительно-исторический метод в лингвистике позволил выявить на современных славянских землях своеобразный древний слой топонимов, которые были идентифицированы как балтийские. Далее последовало сопоставление этого слоя топонимов с определенными архео-

логическими культурами в духе миграционизма, и, в конечном итоге, волей-неволей пришлось отводить под прародину балтов огромную территорию Восточной Европы, а восточным славянам неизбежно досталась доля более поздних пришельцев.

В дальнейшем с накоплением археологических данных постепенно выяснялось, что между ранее казавшимися совсем неродственными древними культурами нет резко разграничивающей пропасти, и все очевиднее наблюдается непосредственная преемственность. Оказалось, что смену археологических культур обуславливал сложный комплекс причин, а не только миграции. Сегодня многие археологи рассматривают развитие первобытных обществ как более автохтонный процесс.

В. Чайлд в капитальном труде о миграциях в доисторической Европе убедительно доказывает ограниченность миграций послеледникового человека. По его утверждению, даже многие культуры Прибалтики развивались из местных мезолитических лесных народов<sup>2</sup>. Новейшие работы советских археологов также удачно заполняют пробелы в цепи смен доисторических культур. Особенно знаменатель-

<sup>1</sup> Gimbutas M. The Balts. N. Y., 1963.

<sup>2</sup> Childs V. G. Prehistoric Migrations in Europe. Oslo, 1950.



но открытие верхневолжской культуры, вследствие чего выяснилось, что некоторые культуры на Русской равнине являются не пришлыми, как ранее предполагалось, а автохтонного происхождения<sup>3</sup>.

При определении этнической принадлежности былых культур главную роль играет лингвистика. Однако успешное решение данной проблемы затрудняется недостаточным эффективным лингвистическим методом этимологизирования топонимов. Для некоторых названий географических объектов известны даже десятки лингвистически обоснованных этимологий. Лингвистика пока не имеет и достаточно надежного метода для датирования топонимов доисторических времен. Некоторые очень сильно укоренившиеся представления о былой этнической картине доисторической Европы покоятся на слишком слабой фактической основе. Поучительный пример — представление об этническом облике древнего населения Литвы.

В начале текущего столетия сложилось представление, что на территории Литвы в эпоху гребенчато-ямочной керамики обитали финно-угры. Позднее эта концепция настолько укоренилась, что стала почти аксиомой. Какова ее фактическая основа? Около тридцати финно-угорских топонимов в пределах Литвы — это все. Наличие одиночных иноязычных топонимов на соседних территориях — естественное явление. Кроме того, финно-угорские топонимы в Литве находятся далеко от сосредоточения мезолитических и ранненеолитических стоянок — долин рек и берегов озер. Закономерное отдаление финно-угорских топонимов от наиболее благоприятных мест для существования человека тех времен как будто говорит о том, что тогда на территории Литвы основную массу населения составляли не финно-угры.

Ведущий литовский археолог по каменному веку Р. Римантене, развивая идеи Н. Н. Гуриной, убедительно доказывает, что на территории Литвы люди ранненеолитических культур (нарвской и неманской) являлись не финно-уграми, а этническим субстратом балтов<sup>4</sup>. Языковый

облик носителей нарвской и неманской культур пока неясен.

Правильное разрешение проблемы появления и развития балтов и славян немислимо вне контекста общего этногенеза индоевропейских народов. На этом поприще еще много открытых вопросов, особенно вопрос об определении места и времени существования прародины индоевропейцев, локализация которой чаще всего основывается лишь на одиночных фактах.

На основе наличия в славянских, балтийских и германских языках общих слов для названия одной рыбы — лосося — П. Тиме прародину индоевропейцев локализует в бассейнах лососевых рек: Вислы, Одера, Эльбы и Везера<sup>5</sup>. Но тут нельзя упускать из виду того факта, что в данном ареале водится и другая очень важная промысловая рыба, название которой на русском языке — щука, на литовском — Lydeka, на немецком — Necht, на латинском — *lucius*. Отсутствие в индоевропейских языках общего слова для названия этой рыбы явно говорит о том, что индоевропейцы во времена праязыка не встречались со щукой. Названия щуки заставляют уточнить предположения Тиме: прародина индоевропейцев находилась в бассейнах таких лососевых рек, где не могла водиться щука. Подобная природная обстановка наблюдается лишь на Крайнем Севере.

При рассмотрении названий животных и птиц четко выявляется любопытная закономерность: много соответствий в индоевропейских языках имеют представители тундровой фауны, а обитатели лиственных лесов чаще всего совсем лишены подобных соответствий. Нагляднейшими примерами первой группы следует назвать оленя и утку, а второй — коосулю и глухаря.

Заслуживают внимания названия видов осадков. Снег в большинстве индоевропейских языков называется общими словами, а жидкие осадки — разнородными, например, на русском языке — дождь, ливень, на литовском — *lietus, liūtis*, на немецком — *Regen, Wolkenbruch, Schauer*, на латинском — *pluvia, imber*, на греческом — *broche, ombros*, на авестском — *vār*. Эта закономерность говорит о том, что на прародине индоевропейцев самым обычным видом осадков являлся снег, а дождь ливневого характера был

<sup>3</sup> Крайнов Д. А., Холинский Н. А. Природа и неолитический человек Русской равнины в свете новых археологических открытий. — «Природа», 1978, № 5.

<sup>4</sup> Rimantienė R. Sventoji I, Narvos kultūros gyvenvietės (Швянтойи I. Поселения нарвской культуры). Vilnius, 1979.

<sup>5</sup> Thieme P. Die Heimat der indogermanischen Gemeinsprache. Wiesbaden, 1954.

очень редким явлением. Такая ситуация возможна лишь в тундровой зоне, где выпадают, как правило, снег, мокрый снег и морось (мелкий дождь).

Индоевропейский праязык знал два времени года: \*gheimā — зима и \*vesr — теплое время года. Первое слово (\*gheimā) праязыка в дочерних языках полностью сохранило свое первичное значение. Второе слово (\*vesr) позже в одних языках дало название весны, а в других — лета. Этот факт можно расценивать как свидетельство более позднего расчленения теплое времени года. На прародине индоевропейцев, по-видимому, теплое (не зимнее) время года являлось сравнительно коротким и однородным, вероятнее всего — растянутой весной. По лексике названий времен года прародина индоевропейцев опять-таки тяготеет к тундровой зоне.

Анализ названий основных древесных пород показал, что первое место по обилию соответствий в индоевропейских языках принадлежит березе, а прославленное дерево — дуб — в ветвях языков индоевропейской семьи именуется по-разному. Названия деревьев свидетельствуют, что прародина индоевропейцев находилась за пределами сплошного распространения широколиственных пород<sup>6</sup>.

Лес — самый характерный ландшафтный элемент последледниковой Европы, но индоевропейские языки не имеют явного общего слова для его названия. Зато в этих языках чрезвычайно богата синонимика и много общих слов для названия болотных и болотовидных ландшафтных единиц. Безлесье и обилие болотовидных урочищ — характернейшая черта тундровой зоны.

Общая оценка только что приведенных примеров названий многих элементов географической среды неизбежно наводит на предположение, что прародина индоевропейцев находилась в тундровых ландшафтах. Согласно схеме Н. А. Хотинского, в раннеэоценовое время на континентальной Европе тундры почти совсем отсутствовали. Палеогеографическая обстановка голоцена заставляет высказать предположение: прародина индоевропейцев существовала в Центральной Европе к концу последнего оледенения.

Для решения проблем этногенеза доисторических времен главной основой

служит топонимика. Однако при изучении седой старины балтов и славян приходится сталкиваться с любопытным парадоксом. По топонимическим данным в бронзовом веке балты занимают огромную территорию, а славянам остается сравнительно малый уголок земли. На заре исторических времен уже наблюдается противоположная картина. Тут волей-неволей возникает вопрос: действительно ли все так называемые балтийские топонимы на нынешних славянских землях являются наследием балтов?

Принципиальное положение для решения этого вопроса уже дано В. Н. Топоровым при изучении балтийских топонимов Подмоскovie: «При предлагаемом понимании «балтийский» не противопоставляется «славянскому» этнически и даже лингвистически, а скорее — исторически и стадильно-типологически». Иными словами, этнический облик балтийской гидронимии славянских земель и в первую очередь стратиграфического слоя топонимов не обязательно должен быть балтийским. Это далеко ведущее предположение бесспорно заслуживает дальнейшего развития. Прежде всего, следует более точно определить промежуток времени, в течение которого образовались балтийские гидронимы на землях восточных славян.

В классической монографии В. Н. Топорова и О. Н. Трубачева приводятся прекрасные материалы по этимологии балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья. На этой территории насчитывается более тысячи гидрографических объектов, названия которых относятся к балтийским. По этимологическим данным их можно подразделить на три крупные группы: 1) гидронимы, сопоставляемые с нарицательными словами балтийских языков (они составляют 34% балтийской гидронимии); 2) гидронимы, сопоставляемые только с балтийскими гидронимами Литвы, Латвии и Древней Пруссии (их 49%); 3) гидронимы, не имеющие конкретных соответствий ни в балтийской лексике, ни в балтийской гидронимии Прибалтики (их 17%)<sup>7</sup>.

Для определения верхнего рубежа эпохи образования балтийских гидронимов Поднепровья особенно ценны понятия, связанные с деятельностью человека. В этой

<sup>7</sup> Топоров В. Н. «Baltistica», 1972, приложение I, с. 190.

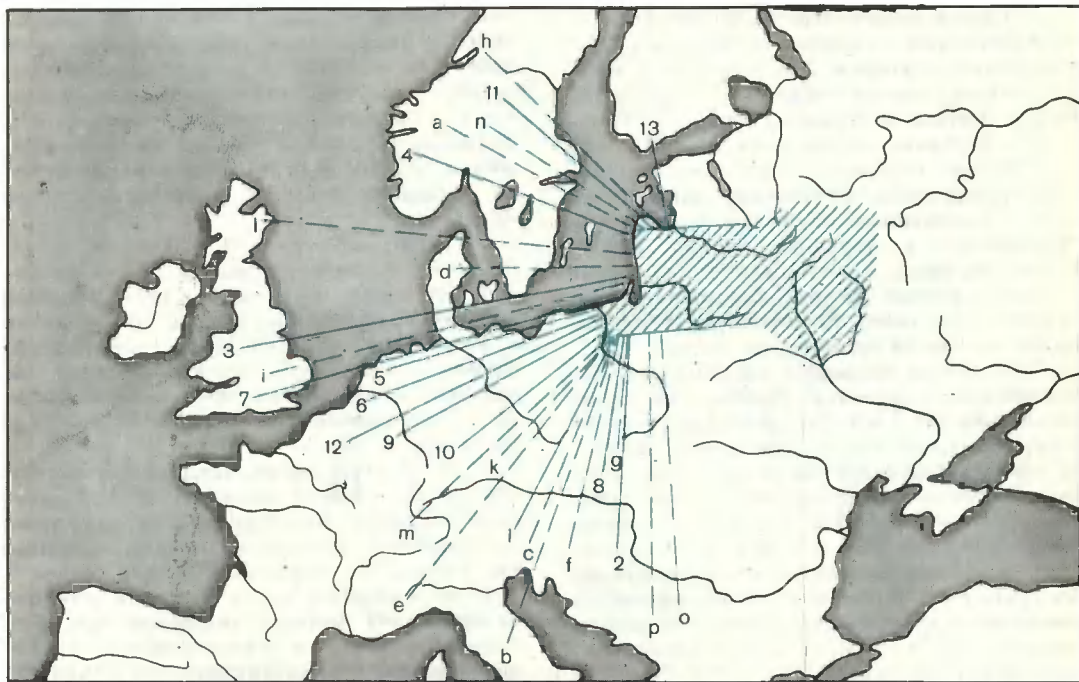
<sup>8</sup> Топоров В. Н., Трубачев О. Н. Лингвистический анализ гидронимов Верхнего Поднепровья, М., 1962.

<sup>6</sup> Сейбутис А. А. «Известия АН СССР, сер. геогр.», 1974, № 6, с. 40—53.

категории гидронимов первое место занимают животноводческие понятия: **Азарза, Жарка, Заржа** — загон, ограда, скирда; **Капеченка, Копча** — копна, куча; **Ерневка** — ягненок; **Ажевка, Ажовка** — козел; **Восавка, Освина, Освица, Осевка, Осова, Осовка** — кобылье молоко, кобылка. Земледелие представляется только одной группой гидронимов: **Пакуль, Покулька, Запакулька, Сапакулянка** — пакля, очески льна. Пакля — продукт более совершенной технологии обработки льна, свойственна развитому ткачеству. При отсутствии каких-

префикс **ра** — и литовское слово **kūliš** — камень. Топоров и Трубочев «паклевую» этимологию также выдвигают с оговоркой<sup>9</sup>.

Приведенные факты свидетельствуют, что образование балтийской гидронимии на Верхнем Поднепровье закончилось в начальной фазе животноводства до появления земледелия. Такое предположение хорошо подкрепляется наличием 34 гидрографических объектов, в названиях которых кроется понятие «орех». Лещиновые орехи — важнейший растительный съедоб-



**Взаимосвязь древнеевропейской гидронимии с балтийским ареалом (по В. П. Шмиду, 1972).**

Косая штриховка — ареал балтийской топонимии. Древнеевропейские топонимы, имеющие явные соответствия на балтийских землях: 1 — At(h)esis, 2 — Drava, 3 — Drawen, 4 — Eisa, 5 — Isla, 6 — Laca, 7 — Limena, 8 — Margus, 9 — Nava, 10 — Filisa, 11 — Fala, 12 — Aisne, 13 — Aura, a — Ala, b — Alia, c — Alsa, d — Varina, e — Vara, f — Arsia, g — Mara, h — Neta, i — Nedd, k — Sala, m — Arga, n — Aka, o — Sava, p — Apsos.

либо других земледельческих понятий в балтийской гидронимии Поднепровья эта этимология не может не вызывать сомнений. Литовское слово **rakulas** (пакля) префиксальное, а префикс **ра** — очень часто встречается в топонимии Литвы. В гидронимах упомянутой группы может выступать

новый продукт доземледельческой эпохи. В конечном итоге приходится заключить, что образование новых балтийских гидронимов прекратилось в позднем неолите. Этот рубеж приблизительно совпадает с появлением на Верхнем Поднепровье шнуровой керамики, которая, как предполагается, принадлежала балтам. Следовательно, балтийская гидронимия на Верхнем Поднепровье как будто образовалась до появления балтов.

Для определения нижней границы зарождения балтийской гидронимии самые подходящие — гидронимы **Лош, Лоша** и **Лошница**, имеющие значение «ло-

<sup>9</sup> Там же, с. 200.

соседей». Лосось — рыба северных морей и рек, в бассейне Черного моря она не водится. Лососевые реки в бассейне Днепра могли существовать только в те промежутки времени, когда его притоки имели связь с притоками Вислы, Немана или Западной Двины. В доисторические времена бассейн Днепра имел связь с северными морями посредством флювиогляциальной сети позднеледникового периода. Экология лосося заставляет утверждать, что балтийская гидронимия на Верхнем Поднепровье стала зарождаться в начале позднеледниковья.

Самая многочисленная (49%) группа балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья — вторая. Эти гидронимы имеют четкие соответствия на территории Литвы, Латвии и Древней Пруссии. Топоров и Трубачев подчеркивают, что ключ для более глубокого познания балтийской гидронимии славянских земель лежит в тщательном изучении гидронимии Прибалтики, в первую очередь Литвы. Таким образом, и ключ для определения возраста второй группы балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья следовало бы искать на территории Литвы.

В. Шмид пришел к заключению, что балтийская гидронимия Прибалтики имеет теснейшие связи и с Западной Европой. Он утверждает, что балтийские земли являются очагом излучения так называемой древнеевропейской гидронимии, центр тяжести которой находится как раз на территории балтов<sup>10</sup>. Все это Шмид иллюстрирует образной схемой, на которой прямыми линиями соединены характернейшие представители древнеевропейской гидронимии с соответствующими гидронимами балтийских земель.

При сопоставлении балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья с древнеевропейскими гидронимами Западной Европы выявляется одна заслуживающая внимания деталь: и те и другие имеют те же самые соответствия на балтийских землях, например, Варя на Верхнем Поднепровье, Vaga в Западной Европе сопоставляются с Vage в Литве. Подобных тройняшек можно привести довольно много. Тут напрашивается предположение: по крайней мере определенные части балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья и древнеевропейской гидронимии Западной Европы совпадают. Между прочим, Шмид в Верхнем Поднепровье находит шесть древ-

неевропейских гидронимов: **Лула, Ола, Ольса, Омония, Соля и Тара**<sup>11</sup>.

Согласно мнению Г. Краэ, древнеевропейская гидронимия севернее Альпийских гор является самой старой и представляет собой наиболее архаичный словарный фонд<sup>12</sup>. Подобные взгляды высказываются Топоровым и Трубачевым и о балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья. Таким образом, сочинители древнеевропейской гидронимии в Западной Европе и балтийской на землях восточных славян появились как бы еще на незаселенной ойкумене.

Шмид указывает, что в древнеевропейской гидронимии скрывающийся язык относится к периоду до раскола кентумсатэм; этот язык является не чем иным, как самим индоевропейским праязыком<sup>13</sup>. Заключение Шмида наводит на предположение, что когда-то по незаселенной Европе бродили племена индоевропейского пратэнса.

Для дальнейшего изучения древнейшей гидронимии Европы очень полезным должен быть нами обоснованный палеогеографический метод датирования и этимологизирования топонимов. Знамательно, что такой метод зародился как раз при исследовании топонимов колыбели древнеевропейской и балтийской гидронимии — Литвы.

Э. М. Мурзаев справедливо отмечает, что «...без знания конкретных исторических ситуаций, совпадающих со временем зарождения топонимов, трудно правильно понять их первичное содержание»<sup>14</sup>. При определении таких ситуаций для доисторических времен, особенно при восстановлении былых физиографических характеристик этимологизируемых объектов, первостепенную роль должна играть палеогеография.

Повсюду встречаются одинаковые повторяющиеся топонимы, смысловые содержания которых бывают очень туманными или даже совсем непонятными. В современных физиографических характеристиках географических объектов — носителей таких повторяющихся топонимов — уже

<sup>10</sup> Schmid W. P. «Indogermanische Forschungen», 1977, B. 77, H. 1, S. 1—18.

<sup>11</sup> Schmid W. P. «Innsbrucker Beiträge zur Kulturwissenschaft», 1966, Sonderheft 22.

<sup>12</sup> Krahe H. «Abhandlungen der Geistes- und Sozialwissenschaftlichen Klasse», 1962, Nr 5, S. 285—342.

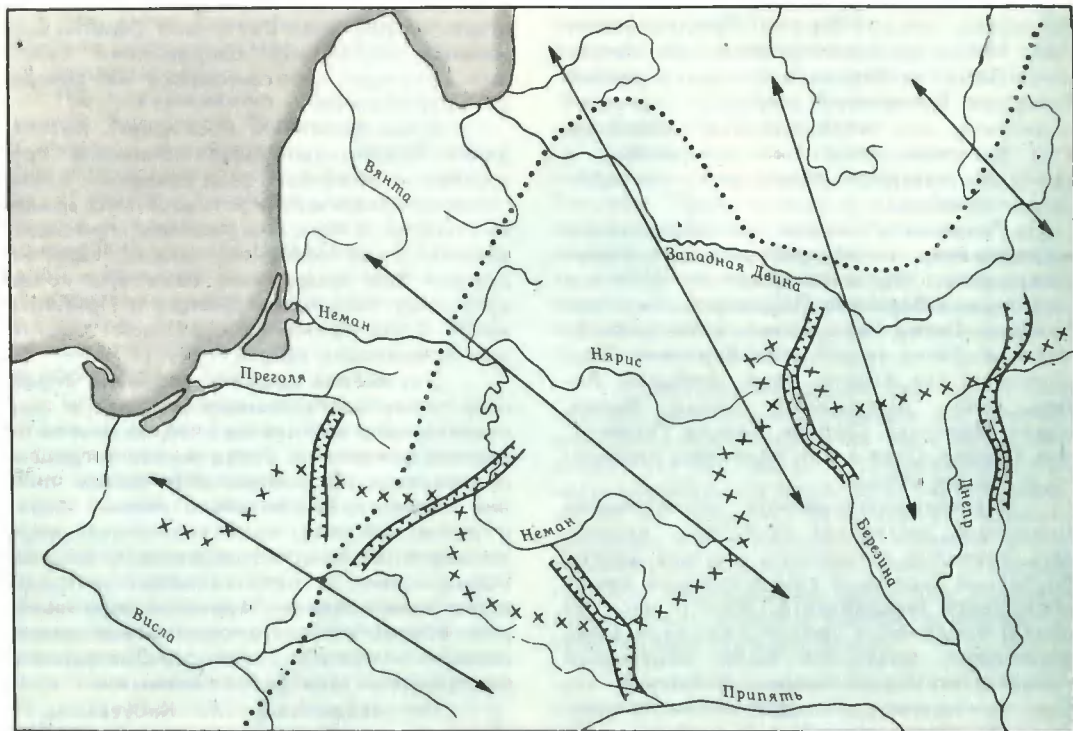
<sup>13</sup> Schmid W. P. «Abhandlungen der Geistes- und Sozialwissenschaftlichen Klasse», 1968, Nr 6, S. 241—258.

<sup>14</sup> Мурзаев Э. М. География в названиях. М., 1979, с. 4.

нельзя уловить явную закономерную общность. В таких случаях неизбежно приходится искать соответствующую общность в прошлом. После кропотливого сопоставления палеогеографических данных по объектам изучаемой группы выявляется определенная физиографическая общность — бывшая географическая реалья, послужившая зарождению соответствующей группы топонимов. Промежуток времени существования такой реалии одновременно является и моментом зарождения этих топонимов — вот так и опреде-

ляется их возраст. На основе этого метода появилась возможность увязать определенные топонимы доисторического возраста с геохронологической шкалой.

Наиболее подходящими объектами для такого изучения оказались бывшие фации и урочища береговой полосы приледниковых водоемов. Группы повторяющихся современных топонимов, носителей бывших нарицательных названий фаций и урочищ, отличаются чрезвычайно отчетливой закономерностью — гипсометрической яркостью, четко совпадающей с




Днепро-Прибалтийская равнина в позднем дриасе.

Господствующие ландшафты [по В. П. Гричку, 1965]:

 тундры и редколесья

 леса

 главный водораздел

 основные прadolины на главном водоразделе [по Д. Д. Квасову, 1973]

 направления сезонных миграций северного оленя

бывшими уровнями приледниковых водоемов.

Путем изучения топонимов. Литвы автором установлено, что в корнях и формах древнеевропейской гидронимии скрываются следующие географические реалии: *sal* — остров, летняя стоянка на острове; *is* — обтаявший лед, снег фирнового характера; *av* — неглубокие, защищенные от сильных ветров и волнения прибрежные воды, на побережьях которых гнездились птицы, росла сочная трава, плодоносили ягодники, паслись травоядные животные; *per* (*pag*) — навес из льда, насыщенного минеральными веществами; ледяные туннели. Самые древние предста-

вители упомянутых групп топонимов на территории Литвы начали зарождаться на первых порах деградации последнего ледникового щита, приблизительно 16 тыс. лет назад.

Дальнейший этап применения палеогеографического метода — подробное изучение древнеевропейской гидронимии в Западной Европе и Балтийской гидронимии на землях восточных славян. Это многообещающая, но очень трудоемкая работа. В первую очередь следовало бы проверить — не скрываются ли бывшие географические реалии, выявленные на территории Литвы, под соответствующими корнями топонимов остальной Европы? Предварительный обзор палеогеографической ситуации в бассейне Верхнего Днепра, в районе Альп, на Британских островах позволяет надеяться, что определенные топонимы этих регионов могут быть приурочены к таким же географическим реалиям далекого прошлого.

Результаты палеогеографического исследования топонимов уже позволяют утверждать, что некоторые соответствия гидронимов Верхнего Поднепровья на территории Литвы зародились в позднеледниковье. Такие гидронимы Верхнего Поднепровья, как Абеста, Варя, Добысна, Литж, Лоша, Лупоголова, Мерея, Мытва, Навля, Ниделька, Оросса, Пальня, Половник, Салова, Соля и т. п. появились примерно в это же время.

Палеогеографическое исследование топонимов заставляет по-новому нарисовать древнюю этническую картину центра Восточной Европы. В самое суровое время последнего (валдайского, 30—10 тыс. лет назад) оледенения предки племен индоевропейского праязыка были вынуждены кочевать по приглядиальной Европе, что благоприятствовало поддержанию этнической общности на огромной территории<sup>15</sup>. Прекращение продвижения края леднико-

вого покрова ознаменовалось улучшением кормовой базы гиперзональных ландшафтов, увеличением поголовья ледникового фаунистического комплекса. В то время на Поднепровье и в Полесье уже существовали крупные селения, жители которых в основном охотились на мамонта<sup>16</sup>. Эти люди, по-видимому, разговаривали на северо-восточных диалектах индоевропейского праязыка.

Шло время, ледники стали таять, разлились приледниковые водоемы, дары которых (в первую очередь, яйца водоплавающих птиц) в летнее время привлекали первобытного человека. В конечном итоге, на равнинах Восточной Европы сложились постоянные направления сезонных миграций с юго-востока на северо-запад и обратно.

С наступлением последнего похолодания позднеледниковья основным промысловым животным стал северный олень. Палеогеографическая ситуация того времени говорит о том, что человек, преследовавший стада северного оленя, еще вынужден был продолжать сезонную кочевку между бассейном Днепра и Прибалтикой<sup>17</sup>. В это время на огромной территории преобладал общий язык.

Улучшение климата вызывало коренную смену растительного покрова и фаунистического комплекса, что не могло не оказать влияния на уклад жизни тогдашнего человека. Основным источником питания становились обитатели лесной фауны и рыба, которые, за исключением перелетных птиц, ведут относительно оседлый образ жизни, а путь сезонных миграций рыбы лежит между морем и верховьями рек. Вследствие этого сезонные миграции людей через Неманско-Днепровский водораздел стали бессмысленными.

По сведениям М. Кабусевича, в Центральной Европе взаимосвязи мезолитических культур до середины бореального периода (примерно 7 тыс. лет назад) являлись весьма отчетливыми. Он высказывает мнение, что артериями общения для поддержания таких взаимосвязей служили прадолины стока ледниковых вод<sup>18</sup>. Зна-

<sup>15</sup> Палеогеографический метод заставляет ввести некоторые поправки в замечательную теорию В. М. Иллич-Свитыча. Ностратический надэтнос должен был существовать в Европе микулинского межледниковья. Под воздействием наступавшего ледника валдайского оледенения одна часть ностратического надэтноса отошла на Южный Урал и позднее стала финно-уграми, другая переправилась на острова Средиземноморья или даже в Африку и Переднюю Азию, где со временем становилась семито-хамитами, а в пещерах Центральной Европы приютившиеся и пережившие ненастья приледниковой среды люди в конечном итоге обособились как индоевропейский праязык.

<sup>16</sup> Долуханов П. М. География «неолитической революции» на территории Европы и Передней Азии. — «Природа», 1978, № 11.

<sup>17</sup> Марков К. К., Величко А. А., Лазуков Г. И., Николаев В. А. Плейстоцен. М., 1968.

<sup>18</sup> Kobusiewicz M. «Przegląd archeologiczny», 1973, т. 21, р. 93—121.

чительное сокращение контактов в середине бореального периода в бассейнах Одры и Вислы, по-видимому, следует связать с тогдашним разрыванием болотообразовательных процессов, из-за проявления которых бывшие пути общения (прадолины) превратились в почти непроходимую глушь.

Много прадолин и на Неманско-Днепровском водоразделе. Тут тоже проявлялись аналогичные процессы. В середине бореального периода болотообразование охватывает и многие водораздельные понижения. В конечном итоге, сезонные миграции мезолитического человека через Неманско-Днепровский водораздел перестали быть не только необходимыми, но и возможными.

По утверждению Долуханова, на равнинах Восточной Европы в мезолите выделяются хозяйственные подобласти, граница которых приблизительно совпадает с распространением ледников валдайского оледенения. Эта граница близка к водоразделу между бассейнами Преголя, Немана и Западной Двины, с одной стороны, и Днепра, северо-восточных притоков Вислы, с другой. Этому сильно заболоченному поясу было суждено сыграть важную роль при обособлении балтов и славян.

Труднопроходимый болотный пояс на главном водоразделе Восточной Европы разъединил до того времени сравнительно однородный этнос на две части. С этого момента этническое развитие по обеим сторонам водораздела стало протекать изолированно. Разумеется, определенные контакты имели место и между новыми этническими образованиями. Однако топонимические материалы заставляют утверждать, что инородное влияние оказалось не в состоянии существенно изменить последовательный ход этнического развития.

На первых порах после разъединения по обеим сторонам главного водораздела обитали люди, разговаривавшие, по-видимому, еще на сходных диалектах индоевропейского праязыка. Затем язык начал развиваться по собственным законам, и с течением времени все более и более увеличивались языковые различия. Так, в конечном итоге, в бассейне Верхнего Днепра и на прилегающих областях образовался славянский праязык, а севернее главного водораздела — балтийский.

Топонимическое творчество после этнического разъединения по обеим сторонам заболоченного водораздела еще долгое время оставалось очень сходным, так

как языки и тут и там медленно отходили друг от друга. Зародившиеся тогда топонимы практически неразличимы по лингвистическим признакам.

Лингвисты единодушны в том, что из всех живых индоевропейских языков от праязыка наименее отошел литовский. Само собой разумеется, что балтийский праязык (материнский литовского) был еще более сходен с индоевропейским праязыком. Эти особенности очень затрудняют опознавание топонимических слоев эпох индоевропейского и балтийского праязыков. По-видимому, и топонимическое наследие непосредственных предков славян не может не показаться балтийским. Данный тезис неплохо подкрепляется вышеприведенным стратиграфическим анализом балтийской гидронимии Верхнего Поднепровья.

Прекращение зарождения так называемых балтийских гидронимов на Верхнем Поднепровье в начальной фазе животноводства является важной временной вехой, ознаменовывающей окончательное четкое обособление славянского праязыка. Эта веха довольно хорошо совпадает с современным представлением о времени становления балтов и славян.

В центре Восточной Европы от середины бореального периода до начальной фазы животноводства во второй половине III тыс. до н. э. существовали этносы переходного характера. Как следовало бы их называть? Быть может, целесообразнее всего именовать племена этого промежутка времени, обитавшие севернее главного водораздела Восточной Европы, субстратным этносом балтов, а южнее — субстратным этносом славян.

Согласно нынешним господствующим представлениям, сочинители так называемой балтийской гидронимии на Верхнем Поднепровье и на сопредельных территориях вошли в состав славян как поглощенный элемент. По нашему мнению, они стали славянами путем последовательного этнического развития. Отсюда следует, что Верхнее Поднепровье, Подмосковье, Среднее Поволжье являются исконными землями непосредственных предков славян, частью их прародины.

В дальнейшем процесс этногенеза балтийских и славянских народов прошел длительный и сложный путь. Рассмотрение этой проблематики, в первую очередь, является задачей археологии, исторической географии и истории.

## К 100-летию со дня рождения С. С. Четверикова



**СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ ЧЕТВЕРИКОВ.**  
6 мая [24 апреля] 1880 г.— 2 июня 1959 г.



Исполнилось 100 лет со дня рождения Сергея Сергеевича Четверикова — одного из основоположников отечественной генетики, вклад которого в мировую науку, к сожалению, долгое время недооценивался. Начало его сложного и тернистого пути в науке пришлось на первое десятилетие нашего века, когда зарождалась новая, бурно развивающаяся наука о наследственности — генетика, существенно изменившая все дальнейшее развитие биологии.

Четвериков начал свою научную деятельность как зоолог-энтомолог, но он не ограничивался интересами морфологии и систематики, его всегда привлекали эволюционные проблемы. Об этом, в частности, свидетельствует публикуемая в номере его ранняя (1905 г.) работа «Волны жизни». В ней впервые была показана всеобщность колебаний численности природных популяций и была заложена основа для дальнейшего изучения волн жизни как важнейшего фактора начальных стадий эволюции. Публикация «Волн жизни» в «Природе» дает возможность биологам ознакомиться с этой малонизвестной работой.

«Волны жизни» Четверикова — по существу начальный этап исследований и раздумий, который привел к главному труду его жизни, теоретической работе: 1926 г. «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики». Ставшая классической (она неоднократно переиздавалась и была переведена на английский и французский языки), эта работа вызвала к жизни совершенно новое, оказавшееся чрезвычайно плодотворным направление генетической науки — экспериментальную популяционную генетику. В ней было теоретически обосновано представление о виде «как губке», при внешней однородности содержащей огромное разнообразие мутаций (геновариаций, по Четверикову), служащих материалом для действия естественного отбора. В последующие годы Четвериков, его сотрудники и ученики в обширных хорошо продуманных экспериментах полностью подтвердили и развили дальше эти теоретические представления.

Создание Четвериковым популяционной генетики имело огромное значение для эволюционной теории. Прежде всего она окончательно рассеяла мучивший еще Дарвина и его последователей так называемый кошмар Дженкинса (по Дженкинсу, при скрещивании особи с резко выраженным наследственным изменением с особью нормальной формы первое поколение потомков должно якобы иметь вдвое более слабые изменения, второе поколение — вчетверо и т. д.). В итоге Четвериков показал, что враждовавшие научные тече-

ния — дарвинизм и менделизм, рассматривавшиеся многими авторами как антиподы, взаимодополняют друг друга. Популяционная генетика пролила яркий свет на начальные этапы формирования вида, которые часто называют микроэволюцией.

Четвериков был не только крупным ученым, проложившим в науке новые пути, но и выдающимся педагогом, собравшим вокруг себя талантливую молодежь. Одним из первых в стране после Ю. А. Филипченко он начал читать в 1925 г. в Московском университете курс генетики, а еще раньше — биометрии, которые привлекали обширную аудиторию. На базе Московского университета и лаборатории генетики, организованной им в Институте экспериментальной биологии, руководимом Н. К. Кольцовым, возникла научная школа, в которую входила целая плеяда выдающихся советских биологов. Среди них были Б. Л. Астауров, Е. И. Балкашин, Н. К. Беляев, С. М. Гершензон, Д. Д. Ромашов, П. Ф. Рокицкий, Е. А. и Н. В. Тимофеевы-Ресовские, Н. А. Промптов и С. Р. Царапки. Многие из учеников Четверикова, в свою очередь, создали собственные научные школы.

Воспоминания Четверикова, тонкого и умного наблюдателя, живописуют картину становления крупнейшего естествоиспытателя и обстановку, в которой развивался и креп его талант.

**Б. Н. Сидоров,**

доктор биологических наук  
Москва

От редакции. В то время, когда печатался этот номер журнала, умер автор предисловия к публикуемым материалам.

Борис Николаевич Сидоров принадлежал к плеяде крупнейших советских генетиков, чьи работы стали классическими. Начало его научной деятельности неразрывно связано с Институтом экспериментальной биологии, руководимым Н. К. Кольцовым, куда он пришел в начале 30-х годов.

С первого года организации Института биологии развития им. Н. К. Кольцова (1967 г.) он возглавлял лабораторию генетики. Его основные исследования были посвящены выяснению тонкой структуры гена, ступенчатому аллеломорфизму и анализу положения гена. В последние годы им были выполнены блестящие работы по рекомбинации сестринских хромосом в кольцевых хромосомах и роли ядрышкового организатора в инициации ДНК хромосом.

## Воспоминания<sup>1</sup>

С. С. Четвериков

На старости я сызнова живу  
Минувшее проходит предо мною...

А. Пушкин

Передаваемые здесь мои воспоминания имеют более чем полувековую давность. Конечно, за эти долгие годы, когда успело смениться целых два поколения людей, многие из моих воспоминаний померкли, побледнели, потеряли свою жизненную остроту и не волнуют меня уже так, как они волновали меня пятьдесят лет назад. Мне скажут, кому могут быть интересны эти старые, забытые годы? Ведь так коренным образом изменилась вся наша жизнь, нет ни тех людей, ни тех событий, которые волновали нас тогда и которые ушли в невозвратное прошлое. И все же, мне думается, хотя бы для единиц, эти воспоминания представляют известный интерес, как не потеряли интереса и некоторые другие события и люди, отошедшие в вечность сто лет тому назад. Конечно, моя персона не представляет ничего выдающегося, но все же мне пришлось быть свидетелем и соучастником довольно бурной эпохи в жизни нашей страны, и, может быть, какие-нибудь детали, какие-нибудь подробности, личные волнения и переживания той эпохи все же могут заинтересовать читателя.

То, что я буду сообщать, я буду говорить исключительно от своего лица, не пользуясь никакими чужими воспоминаниями или впечатлениями. Вполне возможно, что за эти полвека по давности кое-что в мелочах в моей старческой памяти стусебалось, кое-что перепуталось, кое-что утратило объективную точность. Но все

это, конечно, мелочи. Могу поручиться только за то, что в этих воспоминаниях нет ничего умышленно искаженного, нет никаких недопустимых фантазий и вымыслов.

### 1. ШКОЛА И ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ

Я родился в 1880 г. 24 апреля старого стиля. Свои настоящие воспоминания я начну с моих последних школьных лет. Ведь именно средней школе я обязан основными чертами как моего характера, так и окончательным направлением моего развития и моей последующей жизни.

Хочу сказать несколько слов о своей семье. Мой отец — Сергей Иванович — был крупным фабрикантом, владельцем суконной фабрики близ деревни Городище на Клязьме, приблизительно в 30 км к северо-востоку от Москвы. Это был человек, безусловно, очень умный, очень энергичный, вполне заслуживающий название передового для своей эпохи. Моя мать — Мария Александровна, урожденная Алексеева, — была родной сестрой Николая Александровича Алексеева — очень крупного, передового общественного деятеля своего времени, бывшего долгое время бессменно городским головой г. Москвы, и, собственно говоря, его хозяйничанию Москва обязана тем, что из «большой деревни» она стала европейским городом. Другим крупным человеком в этой семье был двоюродный брат моей матери — Константин Сергеевич Алексеев — творец и основатель Московского художественного театра, известный больше под своим псевдонимом Станиславского.

Семья наша была, несомненно, вполне интеллигентной. Отец, помимо полученного среднего образования, был прекрасным музыкантом, а мать, хотя и с домашним образованием (как тогда полагалось), владела свободно тремя языками. Постоянно мы получали как все главные русские журналы, так и периодические издания из-за рубежа.

Мой отец отдал меня учиться в частное реальное училище Воскресенского на Мясницкой<sup>2</sup> улице. Мой старший брат — Иван — в это время учился в Александровском коммерческом училище на Старой Басманной. Не могу обойти молчанием моего реального училища. Это было совершенно исключительное и прекрасное учеб-

<sup>1</sup> С. С. Четвериков писал свои воспоминания в 1958 г., за год до смерти. Полный их текст, хранящийся в Архиве АН СССР, включает шесть глав, две из которых — четвертая («Первый год в Московском университете») и шестая («СООР») — уже были опубликованы в нашем журнале (1980, № 5; 1974, № 2). В этом номере мы публикуем первую главу «Воспоминаний». (Здесь и далее прим. ред.)

<sup>2</sup> Ныне ул. Кирова.

ное заведение, о котором до сего дня сохранились у меня самые теплые, самые признательные воспоминания. Повторяю, что именно ему и его учителям я обязан главнейшими чертами моего характера и основным направлением всей моей дальнейшей жизни. Основанное Константином Павловичем Воскресенским («Костей»), как мы — ученики — его звали с чувством любви и в то же время с чувством глубокого уважения) — выдающимся педагогом «божьей милостью», как в свое время говорили, оно оставляло далеко позади себя большинство других учебных заведений Москвы и особенно правительственные, как реальные училища, так и гимназии. Среди наших школьных преподавателей было немало лиц с ученой степенью магистра, так, например, живую природу преподавал Иван Алексеевич Каблуков, будущий всемирно известный химик и академик, доцент МГУ Владимир Павлович Зыков, преподававший нам физическую географию, и др. Из всех моих учителей с особым чувством благодарности вспоминаю я троих: из них на первом месте — моего учителя математики Петра Михайловича Иванова, или «Петруху», как мы его звали и с уважением и с чувством некоторой опаски. Он преподавал нам математику в течение всего моего учения. Как сейчас отчетливо помню его фигуру, среднего роста, коренастую, в неизменном долгополом форменном сюртуке. Вижу его всегда несколько грустные глаза, его улыбку, тоже чаще всего грустную, а иногда насмешливую. Я считаю, что именно ему обязан я своим умственным складом. Он учил нас математике, но учил не только решать задачи, разбираться в той или иной математической формуле, а прежде всего и главное всего учил нас строгому последовательному логическому мышлению и такому же строгому логическому изложению своих взглядов. Это был строгий и в то же время безупречно справедливый учитель. Его лицо — усталое и даже несколько грустное — становилось светлым и радостным, когда он замечал в наших ответах проблески сообразительности и математического мышления.

С благодарностью вспоминаю другого педагога — Орлова Егора Васильевича. Собственно, учителем он у нас не был, а был классным надзирателем, следил за соблюдением учениками внешнего порядка в училище. Худощавый, с редкой бородкой, живой и подвижный, он привлекал нас — учеников — своей доступностью, своей способностью увлекаться, своими

разнообразными интересами. Всегда на перемене вокруг него толпилась кучка ребят (в том числе и я), и мы слушали его живые рассказы то из истории науки, то о выдающихся современных ученых и открытиях; особенно увлекался он сам и увлекал нас астрономией. У него была самодельная подзорная труба на штативе, и мы кучкой хаживали по вечерам к нему на квартиру и в нескончаемых разговорах проводили у него вечера, а при подходящей погоде выносили на мороз его «рефрактор» и смотрели Вселенную при увеличении в 60 раз. Читали все, что только можно было читать по астрономии: от университетского учебника Шеригорста до увлекательных романов Фламариона («Уrania» и др.).

Морозный тихий вечер конца ноября, суббота. Мы, четыре «астронома», сговорились провести этот вечер у Егора Васильевича. Время сбора — 8 часов вечера. Поодиночке подходим к его квартире. Я иду и почти не могу оторвать глаз от небесного свода. Небо чернее черного, и как-то особенно ярко горят на нем мириады блестящих звезд, то чрезвычайно ярких, то едва уловимых глазом. Звезды настолько яркие и четкие, что я вижу всю «морду» Большой Медведицы с ее ноздрями, глазами и ушами, а вот и Большой Треугольник — Вега, Алтаир и Денеб. Все новые и новые созвездия, так уже мне хорошо знакомые и близкие. Вот я и у Орлова. Один за другим аккуратно подходят и три остальных моих товарища. Квартира у Орлова крошечная. За небольшим четырехугольным столом посредине комнаты столпились мы все вместе. «Ну, чем же, друзья, мы займемся сегодня? — спрашивает нас Егор Васильевич. «А ведь Вы хотели показать двойные звезды», — отвечает мы хором. «Давайте сообразим, что можно посмотреть». На стол извлекается большой звездный атлас издания Маркса, достается недавно появившаяся прекрасная книжка Покровского «Путеводитель по небу», кладется на стол чистая бумага, карандаши. «Какая часть неба сейчас наиболее доступна для обозрения?» Подходя к квартире, я уже заметил, какими наиболее яркими звездами отмечены границы с востока и с запада, с севера и с юга. И вот начинается обсуждение тех двойных звезд, на наблюдение над которыми можно рассчитывать. Учитывается их положение в отношении горизонта, их яркость, их доступность для распознавания в нашу, все же очень маленькую, трубу. Составляются списки, очередность,

решено прихватить еще две хорошо видимые туманности — большую туманность Андромеды и маленькую, но характерную кольцевидную туманность созвездия Лиры. «Все готово? Итак, идем». Каждый вооружается какой-либо ношей. Самый сильный из нас тащит пустую деревянную тумбочку, вроде тех, что ставят у кровати, — это подставка для трубы. Саму трубу осторожно несет сам Егор Васильевич. Остальные тащут его звездные карты, кто — составленный план наблюдений, а я несу небольшой потайной керосиновый фонарик, который освещает лишь только маленький кружок вблизи своего основания. Но вот мы и на дворе. Мороз градусов пятнадцать, но мы абсолютно не чувствуем холода. Посреди двора устанавливаем подставку, на нее ставим штатив трубы, прилаживаемся, как всего удобнее будет смотреть, и приступаем к нашим наблюдениям. Первым трубою завладеваю я. Где же та звезда, которую мы хотим посмотреть? Сразу не ориентируешься. Каждый старается помочь, и помогающие сбивают друг друга. «Вон, видишь, торчит сухой сук от дерева — продолжи мысленно линию дальше, и она пройдет у самой звезды». Так намечаем мы координаты нужных нам звезд. Но вот я прицелился трубой. Быстро подношу глаз к окуляру. Поле зрения темно, на нем едва мерцает расплывшийся светлый кружок. Начинаю расплываться кремальерой<sup>3</sup>. Светлый кружок то расплывается еще сильнее, то, наоборот, начинает сжиматься. Постепенно «блин», как мы его зовем, становится все меньше и меньше, все ярче и ярче. Еще немножко, и вдруг «блин» исчезает, а на его месте блестят и горят две крохотные золотистые точки — одна правее, слабее, голубоватого цвета, другая — левее, золотистая и более яркая. Они очень близки друг к другу, почти сливаются, и надо очень точно навести на фокус и очень тщательно вглядеться, чтобы их отчетливо разглядеть. Я так и вливаюсь в них глазами, а тут уже товарищи начинают меня подталкивать: «Ну довольно, нагляделся, дай и нам поглядеть», — но я никак не могу оторваться. Душой овладевает какое-то странное волнение, как будто переносишься в совершенно иной мир...

И так, объект за объектом просматриваем мы намеченную нами программу

большей частью удачно, пока не исчерпаем всю. «Ну, пора домой!»

Шумной, возбужденной ватагой вваливаемся мы назад, в теплую уютную квартиру Егора Васильевича. Нас встречает его жена и приглашает выпить стакан горячего чаю. Весело рассаживаемся мы вокруг маленького столика, и оживленный разговор продолжает вращаться вокруг только что виденного. «Ну, Vale, хорошо разглядел правую пару?» — обращаюсь я к своему vis-à-vis «Ну как ты думаешь, чай я не слепой — правая звездочка хоть и маленькая и не такая яркая, зато голубого цвета». В наш разговор вмешивается Егор Васильевич: «А вы ясно представляете себе, чем обуславливается цвет звезды?» И тут начинается разговор о том, что каждая звезда живет своей собственной «звездной» жизнью, что она рождается, переживает молодость, зрелость и старость, которая кончается ее смертью и переходом в другую форму бытия. «Егор Васильевич! Знаете, чего я никак не могу осознать? Ведь вот мы смотрим сейчас на эти две звезды. А ведь видим мы то, что произошло в небесном пространстве миллионы и даже миллиарды лет тому назад. Может быть, сейчас в том направлении, куда мы смотрим, ничего уже нет, а мы видим все еще какие-то небесные светила, и весь мир на самом деле уже совсем не тот, каким мы его сейчас видим, как будто мы живем в каком-то бесконечном прошлом. Когда я об этом подумаю, у меня мурашки бегут по спине».

К нашему разговору присоединяются и остальные товарищи. Разговор переходит к вопросу о световом эфире, якобы наполняющем всю Вселенную. «Но ведь световой эфир — это только гипотеза», — говорит один из нас. — «Помните, «Вася» (учитель физики) говорил что доказать существование эфира невозможно, что это просто рабочая гипотеза», — и разговор переходит к вопросу о значении в науке теории и гипотез. Кто-то высказывает такой афоризм: «Значит, теория — это наука сегодня, а гипотеза — это наука завтра!» Всем этот афоризм очень нравится, и разговор продолжается с неослабевающим интересом. Но уже поздно: часовая стрелка подвигается к двенадцати. Пора домой. С шумом все сразу поднимаемся мы со своих мест, прощаемся с хозяйкой, хозяином и дружной ватагой скатываемся с крыльца на тротуар. Кто-то говорит: «Смотрите, Вега-то почти в зените». И все мы в радостном возбуждении

<sup>3</sup> Кремальера — механизм для плавного перемещения окуляра подзорной трубы вдоль оптической оси.

Семья Четвериковых. 1894 г. Отец Сергей Иванович и мать Мария Александровна [сидит в центре], братья: Сергей [стоит слева], Иван [стоит справа] и Николай. Остальные лица не установлены.



рассыпаемся в разные стороны, и каждый спешит домой.

Третьим преподавателем, оказавшим на меня неизгладимое и решающее впечатление, был Владимир Павлович Зыков — зоолог, горячо любивший свою науку, сам работавший над простейшими животными организмами. Он преподавал нам в шестом классе физическую географию. Но что это была за физическая география! Уроков он никогда не спрашивал, а перед концом четверти давал нам классное письменное задание и на этом основании выставлял нам в четверти отметки, а в течение всех уроков он читал нам курс, говоря точнее, рассказывал нам все, что было возможно, о жизни нашей планеты, начиная от космогонических теорий и кончая жизнью протистов и человекообразных обезьян. И все говорилось с увлечением, захватывая наши юношеские души. От него мы впервые услышали о Дарвине и его сподвижниках, о той борьбе, которую пришлось выдержать его теории, — и все это глубоко западало нам в головы. Увлёк он меня с головой. Дело кончилось тем, что я горячо упрямил моих родителей пригласить Владимира Павловича на лето к нам на дачу, и уже здесь на просторе мы предались с ним вдвоем всецело изучению окружающего нас живого мира. На сцене появился микроскоп и уже окончательно завладел моими мыслями.

Воспоминания о моей личной жизни

в школе я начну с 6-го класса — зимы 1895/96 года. Почему начинаю я свои воспоминания именно с этого срока? Внешне этот год ничем не отличается от предыдущего, так же шло учение, так же я читал, такими же оставались мои отношения с семьей и с товарищами. Но что-то большое неосознанное творилось в душе, незаметно, но неуклонно происходила переоценка ценностей. Многие из того, что в детстве происходило вне моего маленького мира, теперь расценивалось и обсуждалось с новых позиций. Грань, которую я переступил в шестом классе, лежала не вне меня, а во мне самом. Постепенно я стал осознавать себя не мальчиком — учеником или отроком, а почувствовал себя человеком — юношей. И понятно, что вместе с изменением моего Я изменялось и все отношение к окружающему миру. Из детских и отроческих лет в мою душу запали три комплекса глубочайших впечатлений — любовь к природе, любовь к семье и к людям вообще и христианская вера. Сколько могу себя вспомнить, я с какой-то болезненной чуткостью и привязанностью относился к окружающей меня природе, будь ли то растения или животные. Каждая березка, каждый дуб, росший вблизи нашей дачи, где мы проводили лето, были мне не только знакомы и близки, но были мне родные, любимые, и их жизнь и судьба неразрывно сливалась с моей собственной жизнью.

Помню до сих пор то невыразимое отчаяние, горе и страдание, которое я испытывал, будучи шестилетним мальчиком, когда стали сводить вековой сосновый бор в полукилометре от нашего дома. Помню, как я плакал целые ночи напролет, как я бился в постели от неутешного горя.

Когда мне было тринадцать — четырнадцать лет, я очень полюбил «ночные» прогулки в лес. Когда наступала полная темнота, я уходил один в лес километра за полтора, сворачивал на какую-нибудь знакомую мне лесную тропу и уходил в самую гущу, пробираясь ощупью между кустами и стволами и только защищая рукой глаза, чтобы в этой кромешной тьме не наколоть их каким-нибудь торчащим суком. И вот, забившись в непролазную глушь, я садился на кочку и слушал, слушал всякие шумы, всякие шорохи как вблизи, так и вдали и старался представить себе, почему тот или другой зверек или птичка пискнет или свиснет... А то совсем вблизи, около меня, пробежит лесная мышка или землеройка и то зашуршит сухим листом, то пискнет, встретившись с другой мышкой, то недалеко сова жалобно заплачет. А я сижу, не шелохнувшись, и слушаю, и как будто сам становлюсь маленькой частью большого леса. И моя жизнь становится как бы маленькой частицей большой таинственной ночной жизни леса. И в эти часы я особенно четко и глубоко чувствовал себя полностью слитым с окружающей природой, и это самозабвенно доставляло мне невыразимое, непередаваемое наслаждение. Чем старше я становился, тем глубже осознавалась мною эта любовь ко всему живому. И вот в шестом классе эта любовь перешла в сознательное желание сродниться с природой не только душой, но и умом. Конечно, в углублении этого чувства любви к природе немалую роль сыграло мое общение с Владимиром Павловичем Зыковым как на его уроках, так, особенно, в тех беседах, которые мы с ним проводили и зимой в Москве, и в еще большей мере — летом, когда он жил у нас на даче.

Совершенно незаметно менялось мое отношение к семье и к людям. Все больше и больше меня начинали интересовать «взрослые». Все внимательнее прислушивался я к их разговорам, все живее интересовался их делами и поступками, все критичнее относился к тому калейдоскопу жизни, который окружал меня и дома, и в школе.

Может быть, мое отношение к семье

и школе в детские и отроческие годы можно сравнить с переживаниями птички, посаженной в клетку. Кругом преграды: куда ни сунься — делай то-то и то-то, не делай того-то и того-то. И все это было внешне, а собственная детская жизнь протекала в кругу личных фантазий и личного отношения к окружающему миру. Жил я фантазиями из рыцарского жизни, клеил себе из картона и серебряной бумаги блестящие латы, выстругивал щиты и мечи, либо целыми днями пропадал в лесу, разукрашенный гусиными и петушиными перьями, с луком и стрелами и с обязательным тамагавком, воображая себя индейцем из племени делаваров, и здесь, не стесняемый взрослыми людьми, мог предаваться безраздельно моим детским переживаниям.

Пожалуй, наиболее характерной моей чертой времени детства и отрочества была жалость. Вспоминаю, как еще совсем малышом, лет сами, я горячо плакал ночью, жалея Карла Ивановича из повести Л. Н. Толстого «Детство и отрочество»: Карла Ивановича, отдавшего семье Толстых многие годы своей жизни, воспитавшего Николеньку и его брата, — Карла Ивановича увольняли! Этого мое детское сердце не могло перенести, и я долго и горько плакал над его судьбою. Помню и свое глубочайшее возмущение и в то же время глубочайшую жалость к Дон-Кихоту. Но самые глубокие душевные потрясения и самые значительные переоценки ценностей приходится на долю религии. Как полагалось в то время, наше детское воспитание было строго религиозным, хотя ни отец, ни мать никогда внешней обрядной религиозностью не отличались. Они даже никогда не ходили в церковь, но нам, детям, конечно, вера в бога и весь религиозный мистицизм тогдашнего христианства внушался самым настойчивым образом, и я помню, что в мои отроческие годы, когда мне было лет тринадцать-четырнадцать, эта вера доходила почти до экстаза. Но чем старше я становился, тем больше открывались мне мои глаза на противоречие между тем, что люди — христиане говорили, и тем, что они делали. И в величайшем трепете и с глубочайшими сердечными переживаниями воспринимал рассказы и чтение о жизни христиан в первые века христианства. На меня производили неизгладимое впечатление картины мученичества за веру первых христиан, которые с радостью, как на праздник, шли на смерть, славословя Господа и молясь за своих палачей-мучителей. Их стойкость в

своих убеждениях, несокрушимая преданность тому, что для человека является истиной, готовность на всякое страдание и мучительнейшую смерть ради защиты этой истинности — вот то, что с особой силой привлекало меня к себе.

Но, знакомясь все больше и больше с историей религии, с распространением христианства на все большее число людей, я поражался тем, как легко преображалось его лицо параллельно тому, как менялось отношение к нему власти. Стоило императору Константину объявить христианство государственной религией, как то самое христианство, которое было до сих пор гонимым, как бы одним скачком превратилось из гонимого в гонителя. И вся дальнейшая история христианской религии есть история гонения церковью лучших людей, несших человечеству истину и разум. Величайший ужас и отвращение вызывали во мне описания преступлений «братьев во Христе» (иезуитов), их мрачная «святая» инквизиция, их виселицы и костры, на которых гибли Савонарола, Джордано Бруно и многие тысячи истинно честных людей, беззаветно защищавших свои идеалы. И перед моим восхищенным взором вставал образ «великого упрянца» Галилео Галилея, которого братья иезуиты во имя спасения имени Христа оскорбили и унизили до последнего предела и который, став с колен, топнул ногой и молвил «*Errur si muove!*» (а все-таки она движется!). Пусть это — только легенда, пусть ничего этого не было, но все же образ великого старца светил мне маяком в течение всей моей жизни.

От прежней моей религиозности не осталось и следа. Все было пересмотрено, переоценено, и ничего в современной христианской религии, кроме ханжества и лицемерия, не оказалось.

Вот с такими-то «новыми» для меня мыслями и новым миропониманием вступал я в мой шестнадцатый год...

Прошла зима, удачно прошли экзамены. И летом я с головой ушел под руководством Владимира Павловича Зыкова в изучение нашей подмосковной природы. Настала осень, и снова я вернулся в Москву к моим товарищам, в мою школу. Но я был уже «академиком». Так звали у нас выпускников, кончавших школу. Мы уже не сидели за партами, а каждый имел свой ломберный столик. И, хотя уроки продолжали оставаться уроками, но в отношении к нам преподавателей чувствовался заметный перелом. Ну, словом, мы были взрослыми.

И вот как-то в начале осени вечером отец зовет меня к себе в кабинет, велит мне сесть и сам усаживается в кресло. После нескольких вступительных фраз он обращается ко мне со словами: «Ты, Сережа, становишься взрослым. Весною ты кончишь реальное, и пора подумать о том, какая тебя ждет дорога в жизнь». И дальше отец хорошо и ласково говорит о том, что к нему подходит старость, что пора подумать о том, какие у него есть помощники и кто может облегчить ему бремя управления большим сложным предприятием. «Твой старший брат, Ваня, уже помогает мне, на нем лежат хозяйственные заботы по фабрике, но доверить ему всю фабрику я не решаюсь. И вот, когда мы отдали тебя в реальное училище, мы думали сделать из тебя настоящего образованного инженера, который взял бы на себя труд по руководству фабричным производством. Подумай об этом, ведь время уже подходит».

Трудно передать словами то, что творилось у меня в душе. С одной стороны, моя большая любовь к отцу, мое величайшее к нему уважение, моя привычка безусловно повиноваться родителям, а с другой?.. Неужели навсегда расстаться с вольной жизнью природы, отгородиться от лесов и полей, от птиц и зверей, от любимых моих насекомых, и вместо того заниматься грохочущими машинами, снующими железными рычагами, этими сотнями людей, движущихся по корпусам, как автоматы, этим грохотом, шумом и лязгом, который всюду преследует вас?! Нет, это выше моих сил. Неуверенным, прерывающимся голосом отвечаю я отцу: «Хорошо, папа, я обдумаю все то, что ты мне говорил, только, знаешь, папа, мне хочется совсем другого». «Ну, чего же?» — спрашивает он, и в голосе слышится уже некоторая тревога. «Мне хочется, папа, стать профессором зоологии», — выговариваю я с величайшим трудом. Отец даже выпрямился в кресле: «Что ты сказал!..» Но трудное слово уже было произнесено, и я с большей твердостью повторил слова: «Профессором зоологии». Как сейчас помню лицо отца, он покраснел, глаза его сощурились, на губах появилась изумленная и как будто виноватая улыбка. Видно было, что он собирал все свои силы, чтобы не вспылить. Несколько минут продолжалось тяжелое, мучительное молчание. Молчал отец, а я, конечно, хотел бы совсем ступешаться. Наконец, отец встал и сравнительно спокойным голосом сказал мне: «Обдумай хорошенько, что я тебе го-

ворил, а эту дурь выкинь из головы. Ну, можешь идти». И мы расстались.

Несколько раз в течение зимы отец возвращался к той же теме. Несколько раз он всевозможными доводами старался доказать мне всю нелепость моих стремлений. Он говорил мне о том, что зоология — это *Brotlose Kunst* (бесхлебное искусство), что для поступления в университет мне необходимо будет сдать на аттестат зрелости, то есть снова держать все экзамены, а кроме того, два древних языка — латинский и греческий, что на все это нужно время и много труда; он говорил, наконец, о том, что, выбирая себе намеченный мною путь, я становлюсь чиновником, «человеком 20-го числа» и теряю всякую самостоятельность, теряю право распоряжаться самим собой, подчиняюсь чьей-то чужой воле, словом, становлюсь «бумажным» человеком. Все эти доводы я выслушивал, принимал, но я все-таки, в конце концов, заявлял: «А все-таки я хочу быть профессором зоологии». Конечно, такое упрямство раздражало отца, но никогда наши споры и разговоры не приводили к явному разладу, к открытой ссоре.

Так проходила эта зима 1896/97 года. Память об этой зиме сохранилась у меня тяжелая. Разлад между мною и отцом, конечно, передался всей семье, и хотя мать никак не вмешивалась в наши споры, но чувствовалась, что и ей, и младшему моему брату Николаю<sup>4</sup> наши разногласия были тяжелы. Меня непрерывно терзал душевный разлад. Решиться на открытый разрыв с семьей я не находил в себе сил, да и разум подсказывал мне, что, предоставленный самому себе, без поддержки родных, я все равно не смогу добиться намеченной цели и сгину под тяжестью материальной нужды; с другой стороны, мечта о научной карьере так овладела мною, что я не находил в себе никаких сил, чтобы от нее отказаться. А время между тем шло, и подошли сроки выпускных экзаменов. Сдал я их на круглые «пяты» и вот окончательно очутился на перепутье. Вместе со всеми перебрался я в наш загородный дом. Но как потерянный бродил по моим любимым тропкам и все не знал, на что решиться.

И вдруг это решение пришло неожиданно и с такой стороны, с которой я всего менее мог его предвидеть. Как-то в сере-

дине августа отец снова позвал меня в свой кабинет. На мой недоуменный вопрос: «В чем дело?» — он усадил меня рядом со своим письменным столом и спокойно спросил меня: «Ну что же, решил ты на что-нибудь или нет?» Я ничего не ответил, а только потупил взгляд. «Ну так слушай,— сказал отец,— вот что я решил». И с этими словами он выдвинул ящик письменного стола и взял оттуда какие-то бумаги. «Я посылаю тебя в Германию, ты уже не мальчик, и пора приучаться самому думать о себе. Делаю я это для того, чтобы оградить тебя от всех этих глупых влияний, которые тебя здесь окружают. Поживи один в совершенно другой обстановке, поработай, и я уверен, что вся эта дурь слетит с тебя, как шелуха. И вот держи: это квитанция на твой заграничный паспорт. Получишь его в канцелярии генерал-губернатора. А это — деньги на первое время. Вот тут письмо директору техникума в *Mittweide*. Я с ним списался, и он согласился принять тебя без экзаменов. А вот это — железнодорожный билет тебе. Через четыре дня отходит твой поезд. Поезжай в Москву, устраивай там свои дела и поезжай учиться. Вот тебе мой сказ, и больше не будем спорить!» Конечно, я был совершенно поражен. Я взял все документы и в каком-то оцепенении вышел от отца. Трудно сейчас представить себе то взбаламученное душевное состояние, которое овладело мною в последующее мгновение. Ведь мне только недавно исполнилось семнадцать лет. Я все еще ощущал себя мальчишкой. Вся моя жизнь прошла под крылышком у родителей, я совершенно не умел о себе позаботиться, никогда не имел дела с чужими мне людьми, и вдруг через каких-то четыре дня я должен был очутиться один на пути в Германию, целиком предоставленный самому себе. Что делать? Как поступить? Момент был решительный, я чувствовал, что эти дни должны решить окончательно мою судьбу. Я быстро собрался и уехал в Москву. Прошла ночь и принесла с собою неожиданное успокоение. Взбаламученные мысли постепенно стали приходить в порядок, и я постепенно осознал, что никакой протест в данном случае ни к чему никошму не приведет, что необходимо выполнить волю отца, но что это окончательно моей судьбы все же не решает.

(Окончание следует)

<sup>4</sup> Николай Сергеевич Четвериков (1885—1973) — известный советский математик-статистик. Подробнее о нем см.: Карпенко Б. И. Н. С. Четвериков в жизни и науке. — «Природа», 1974, № 2.



## Волны жизни (Из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 года)

С. С. Четвериков

Предлагаемый очерк не есть какое-либо полное и всестороннее исследование затронутого им вопроса. Цель его — задать лишь эти вопросы, обратить внимание на некоторые факты из жизни нашей природы, на некоторые биологические явления, которые постоянно проходят перед нашими глазами и, вероятно, именно потому так мало и редко обращают на себя наше внимание. С фактической стороны я даже ограничусь наблюдениями над московской лепидоптерологической фауной и главным образом буду пользоваться данными, добытыми за лето 1903 г.

Но, тем не менее, мне кажется, что предлагаемый очерк представит и более общий интерес. Затронутые в нем явления и черты из жизни нашей природы общи для всего животного мира, и потому выводы, к которым приводят факты из биологии наших бабочек, могут быть с одинаковым правом прилагательны и ко всем остальным группам животных.

Однако, прежде чем перейти к изложению добытых фактов и наблюдений, постараюсь выяснить, о какого рода явлениях я буду говорить, и что я понимаю под выражением «волны жизни».

Хэдсон (W. H. Hudson) в своей прекрасной и увлекательной книге «Натуралист в Лаплате» рассказывает следующий случай, который ему пришлось наблюдать в 1872—1873 гг. в Пампасах<sup>1</sup>: «Летом 1872—1873 гг. в Пампасах было необыкновенное обилие солнечного света, сопровождавшееся частыми ливнями, так что, в отличие от большинства других годов, жара не убила в этот год дикой растительности. Обилие же цветов породило обилие

шмелей, никогда прежде не видал я их в таком изобилии... Лето было настолько же благоприятно для мышей... Маленькие плодовые создания появились скоро в таком огромном количестве, что все собаки могли кормиться почти исключительно ими одними...

Бентеви (*Pitangus sulphuricus*) и кукушки ничем, кроме мышей, и не кормились... К осени в Пампасах появилось бесчисленное множество аистов (*Ciconia maguari*) и болотных сов (*Otus brachyotus*). Они тоже приняли участие в общем пиршестве».

Для обозначения этого явления Хэдсон и употребил, если не ошибаюсь, первый раз в литературе выражение «волна жизни» (*Wave of life*), но «волны жизни», как и всякие волны, состоят из подъема и падения; те случаи, когда происходит внезапное массовое явление какого-либо вида, продолжающееся некоторое время и кончающееся уменьшением численности его снова до прежней нормы, будем называть «приливами жизни». И обратно, — в тех случаях, когда численность какого-нибудь вида внезапно опускается ниже его обычной нормы, происходят «отливы жизни». Вот вся совокупность этих явлений, этих приливов и отливов вдовой жизни, и образует «волны жизни».

Но, чтобы наблюдать эти явления, вовсе не надо ехать в Пампасы. Всюду, постоянно повторяются они, и если мы как-то мало их замечаем, то только потому, что не обращаем на них внимания, не даем себе отчета в целом ряде фактов, ежегодно проходящих перед нашими глазами. И только в тех случаях, когда явление принимает грандиозные, часто опустошительные размеры, все начинают о нем говорить, все поражаются неожиданностью этого явления. Приведу лишь два примера.

В 1897 и следующих годах массовое появление непарного шелкопряда (*Limantria dispar* L.), оголившего громадные площади лесов и нанесшего существенный вред плодовым садам, вызвал всеобщее внимание не только зоологов, но, можно сказать, всего русского народа. Другой чудовищный случай, прошедший, конечно, более незаметно, так как не был связан с опустошениями и материальными убытками, был все-таки замечен большим числом, даже мало интересующейся зоологией, публики — я говорю о появлении в 1901 г. в значительном количестве красивой бабочки — адмирала (Ру-

<sup>1</sup> Цитирую по русскому переводу Д. Струнина, СПб., 1896, с. 56

<sup>2</sup> Не надо забывать, что в Пампасах времена года обратны нашим, так что в январе, когда наступает новый год, бывает лето.

*gameis atalanta* L.), вообще у нас довольно редкой.

Но кроме этих, бросающихся в глаза случаев, стоит только повнимательнее приглядываться к окружающей жизни, и перед нами начнут один за другим появляться аналогичные факты. Только они не столь резки, осязательны и потому проходят скромно, незаметно.

На примере непарного шелкопряда и в приведенном Хэдсоном случае прилива жизни мы уже видели, какие иногда глубокие потрясения испытывает при этом природа и фауна какой-либо местности. Но подобные случаи редки, проходят иногда десятки лет, а ничего подобного в природе не наблюдается.

Но все ли в ней спокойно, является ли она чем-либо постоянным, уравновешенным? Безусловно нет! Можно без всякого преувеличения сказать, что фауна ни минуты не бывает постоянна. С каждым днем, с каждым почти мгновением ее равновесие нарушается, одни виды переживают «приливы» жизни, другие «отливы»; и в то же время с полным правом можно утверждать, что нет такого вида, который бы время от времени не испытывал этих приливов или отливов.

Поэтому каждый, кто только более или менее внимательно изучал какую-либо фауну одной местности, знает, что не бывает двух лет, сходных между собой: то, что в прошлом году было редкостью или даже отсутствовало,— в нынешнем году встречается в изобилии, и, наоборот, то, что в прошлом году на каждом шагу бросалось в глаза, требует тщательных поисков в нынешнем.

Все это знают, и все объясняют это по-своему: влиянием ли человеческой деятельности, залетами, заносами или, всего чаще, просто так называемой, «случайностью»; даже на страницах нашего «Дневника» один из старейших наших лепидоптерологов указывает именно на такую случайность нахождения нескольких видов бабочек в пределах Московской губернии<sup>3</sup>. И редко кому, вероятно, приходило в голову, что в этих случаях мы имеем дело все с теми же волнами и до в о й ж и з н и, вечно приливающими и отливающими в безбрежном море живой природы. И как море ни минуты не остается в покое, покрываясь то рябью,

то громадными волнами бури, так и море видовой жизни постоянно волнуется, то разбегаясь мелкою, едва уловимую зыбью, то вздымая грозные валы, несущие опустошение и разрушение...

Но обратимся к фактам. Лето 1903 г. по своим климатическим условиям являлось совершенно исключительным. Очень ранняя дружная и теплая весна сменилась таким же теплым и ясным летом. Все процессы роста и развития страшно ускорились, сенокос в некоторых местах начался уже в конце мая. И вот, при таких своеобразных климатических условиях появилась и несколько отличная от обыкновенной лепидоптерологическая фауна. Целый ряд форм, частью совершенно новых для Московской губернии, частью очень редких, обогатил обычный состав фауны. В предлагаемом списке я привожу названия некоторых этих видов, причем в скобках отмечены имена собирателей, находивших эти виды раньше.

1. *Pygaea timon* Hb. 2 экз. (редкость).
2. *Agrotis sobrina* Gn. Много (редкий вид).
3. *Agrotis collina* V. 3 экз. (Альбрехт, редкость).
4. *Miana ophiogramma* Esp. 4 экз. (Ассмус в 50-х годах 1 экз., редкость).
5. *Hadena scolopacina* Esp. 2 экз. (Бродерзен 1 экз., редкость).
6. *Hadena illyria* Ferr. 6 экз. (Новая для Моск. губ.).
7. *Hadena pabulatricula* Brahm. Много (редкий вид).
8. *Caradrina exigua* Hb. 2 экз. (Новая для Моск. губ.).
9. *Calymnia pyralina* View. 8 экз. (Новая для Моск. губ.).
10. *Heliothis ononis* F. 6 экз. (Указан впервые в 1897 году, редкость).
11. *Acontia luctuosa* Esp. 4 экз. (Указана впервые в 1902 г., редкий вид) и т. д.

Я нарочно привел только те виды, которые были найдены в нескольких (по крайней мере в двух) экземплярах, чтобы исключить всякую возможность случайного залета, на который в подобных случаях так любят ссылаться.

Очевидно, все эти формы, найденные вдруг по нескольку экземпляров, тогда как прежде они совсем не были находимы или исчезали на сроки в 30, даже 50 лет, и имели в этом году прилив жизни. На это же указывает и тот факт, что некоторые виды (*P. timon* Hb., *Ag. sobrina* Gn., *Hd. pabulatricula* Brahm., *Cl. pyralina* View., *Ac. luctuosa* Esp.) уже

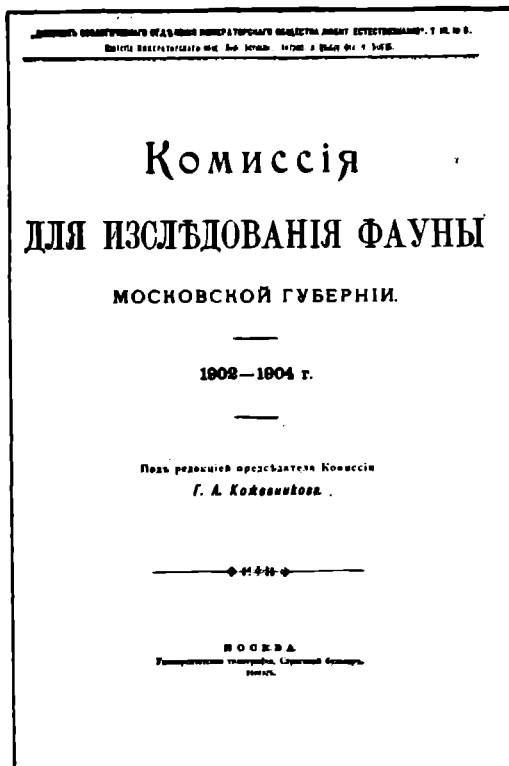
<sup>3</sup> Линде А.— «Дневник Зоол. Отд. Общества Л. Е. А. и Э.» Т. II., № 5, с. 40—41.

и в предыдущем году были представлены чаще, чем обыкновенно. Дело в том, что прилив жизни, затягиваясь иногда до нескольких лет (как, например, у непарного шелкопряда он продолжался 4 года), обыкновенно продолжается 2 года, причем в первый год вид появляется в увеличенном количестве, а на следующий, благодаря обилию потомства, не успевает сразу выравняться с прежней численной нормой.

Но как быть с теми формами, которые попадают одиночными экземплярами и притом еще оказываются новыми для местной фауны? Не будут ли они случайными, залетными? Разобраться в этом поможет нам следующее соображение.

Среди ночных бабочек лишь самая незначительная часть экземпляров попадает до сих пор в руки наших лепидоптерологов. Самый скромный расчет показывает, что в лучшем случае ловится 1 экземпляр на тысячу. Ведь если *Erastria venustula* Hb. и *Leucania straminea* Tr., пойманные в 1903 г. снова, после перерыва более чем в 30 лет<sup>4</sup>, существовали и размножались в течение этого времени, не попадая в руки коллекторов, то это значит, что незамеченными остались 30 поколений, названных видов и число экземпляров, в 30 раз большее, чем сколько их бывает во всей губернии в течение одного года. А ведь уж очень мало их не может быть, иначе шансы встречи обоих полов были бы слишком незначительны и вид должен бы был исчезнуть. Принимая же предположение, что из 1000 экземпляров один попадает в руки лепидоптерологов, мы бы получили на всю губернию ежегодно, в среднем, всего 33 экземпляра, число, во всяком случае, даже слишком малое, чтобы при этом могло поддерживаться существование вида. А для *Miana orphiogramma* Esp., пойманной вновь в количестве четырех экземпляров после перерыва в 50 лет, это число упало бы всего до 20 штук на всю губернию! Приведенные здесь виды настолько плохие летуны, что о каких-либо повторных залетах не может быть и речи, и невольно приходится признать, что они десятки лет благополучно скрывались от наших глаз. Поэтому мы совершенно смело можем сказать, что, в среднем, ночных бабочек нам попадает в глаза лишь менее 0,001 всего числа живущих экземпляров или менее 0,1%.

<sup>4</sup> Оба эти вида были пойманы Альбрехтом в начале 70-х годов (1870 и 1872) и с тех пор не были находимы до 1903 г.



Обложка журнала «Известия Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии», в котором была опубликована работа С. С. Четверикова «Волны жизни».

Вот почему так бесконечно трудно, даже невозможно, полное обследование фауны какой-нибудь местности и почему приходится годами дожидаться прилива жизни какого-либо редкого вида, прежде чем он попадается нам на глаза. Но даже и приливы жизни у этих редких форм требуют очень внимательного отношения к себе. Ведь если под влиянием прилива жизни нередкие виды делаются частыми, а редкие — нередкими, то ведь виды очень редкие остаются все же большей частью редкими, хотя и менее, чем прежде. И в таких случаях нужно все же очень искать, чтобы найти данную форму, и можно с положительностью сказать, что много таких незаметных приливов было пропущено нами. А тогда вид снова исчезает из наших глаз, и нужно уже действительно особое счастье, чтобы найти его, так сказать, по ту сторону его находимости. Обычно же проходят годы и десятки лет, прежде чем случится новый прилив жизни,

и снова один или, в лучшем случае, несколько экземпляров попадут в руки лепидоптеролога.

Вот поэтому я лично, вполне сознавая возможность случайностей и отдавая им должное, все же считаю за правило, что редчайшие виды даже в периоды приливов жизни попадаются нам единичными экземплярами, и надо быть особенно осторожным и осмотрительным в тех случаях, когда приходится говорить о залетах и вымираниях какого-нибудь вида в данной местности.

Исследуя указанные влияния, которые оказывают приливы жизни на состав местной фауны, невольно является вопрос, что же такое эти приливы жизни, чем они вызываются и отчего происходят? В приведенном выше примере Хэдсона автор начинает изложение своих наблюдений с указания на то, что климатические условия лета 1872—1873 гг. были особенно благоприятны, что и вызвало прилив жизни у шмелей, а затем уже и у остальных животных. И, несомненно, известная связь между климатическими колебаниями и колебаниями видовых волн существует. Но раз это так, то теплая весна и лето 1903 г. должны были быть у нас особенно благоприятны для южных форм, должны были вызвать у них заметные приливы жизни. И действительно, на сборах этого года южный оттенок сказывается довольно сильно и, по-видимому, многие виды, северная граница распространения которых проходит вблизи Московской губернии, испытали в этом году приливы жизни. Вот некоторые из этих видов:

1. *Agrotis collina* B.
2. *Miana ophiogramma* Esp.
3. *Luperina zollikoferi* Frr. (новая).
4. *Hadena scolopacina* Esp.
5. *Leucania straminea* Tr.
6. *Caradrina exigua* Hb. (новая).
7. *Calymnia pyralina* View. (новая).
8. *Cucullia biornata* F. d. W. (новая).
9. *Heliothis ononis* F.
10. *Erastria venustula* Hb.
11. *Catephia alchymista* Schiff.
12. *Toxocampa viciae* Hb. и т. д.

Интересно отметить тот факт, что все эти виды раньше или совсем не попадались (отмечены «новая») или встречались чрезвычайно редко. Но еще более интересно то, что все виды, пойманные в 1903 г. и оказавшиеся новыми для Московской губернии, принадлежат к типичным представителям юга<sup>5</sup>. И этот факт как нельзя лучше подтверждает ранее высказанную мною мысль, что редкие ви-

ды попадаются в периоды приливов жизни. Теплая весна и лето способствовали размножению этих южных форм, до тех пор избегавших рук лепидоптерологов, а в результате получился прилив жизни, и несколько экземпляров попало в наши руки.

Но есть и другое объяснение явления прилива жизни, принадлежащее С. Н. Алфераки<sup>6</sup>. Он останавливается на хорошо известном факте, что у многих видов бабочек самцы начинают летать раньше самок, так что при появлении вида встречаются лишь одни самцы, а к концу лета остаются лишь одни самки. При этом самые ранние самцы часто не доживают до появления самок, а самые поздние самки появляются тогда, когда все самцы уже пропали, и остаются, таким образом, неплодотворенными. Допустим, что вследствие каких-либо внешних причин разница между сроками лета самцов и самок уменьшится и мы получим большее количество оплодотворенных самок, большее количество потомства, а следовательно, прилив жизни данного вида. И наоборот, если промежуток времени между появлением самцов и самок увеличится, большее число последних останется неплодотворенными, и в результате — отлив видовой волны.

В конце концов оба приведенные объяснения друг другу не противоречат, и я считаю вполне возможным принять их оба, так как в сущности объяснение Алфераки есть лишь частный случай общего влияния климата. Ведь одновременность появления самцов и самок вызывается в исходной причине все же влиянием климатических условий, а признать, что только этим путем климатические условия влияют на жизнь вида, было бы чересчур поспешным и ни на чем не обоснованным выводом.

Но говоря, что климатические колебания отражаются на приливах и отливах

<sup>5</sup> Только *Hadena illyra* Ferr., не бывшая раньше отмечена для Московской губернии и имевшая в 1903 г. также прилив жизни, не может быть отнесена к типичным южным формам. Но распространение ее еще далеко не выяснено, а для России она указана лишь в самое последнее время для северо-западной ее части (см. Кузнецов Н. К. фауне *Macrolepidoptera* Псковской губ.—*Horae Soc. Ent. Ross.*, 1903, т. 37, с. 45). Есть также данные для Петербургской губ. и Финляндии. Впрочем, этот вид изредка встречался и раньше в Московской губ., только его смешивали с близкими формами.

<sup>6</sup> Алфераки С. Кульджа и Тянь-Шань. СПб., 1891, с. 160 и след.

видовых волн, мы в сущности ничего не объясняем и отделяемся лишь общими местами. Как отражаются эти климатические колебания? Каким путем влияют они на жизнь вида? В какую стадию жизни это колебание всего сильнее действует на вид? Все это вопросы, на которые у нас нет ответа, или только едва, едва этот ответ намечается. А сколько здесь важных, интересных тем для наблюдений и исследований!

Вот пример. В том же 1903 г., при таком явно выраженном южном оттенке фауны, внезапно получился прилив жизни у совершенно северной формы, именно у *Hadena amica* Tr. В то время как она вообще не особенно часто встречается в Московской губернии, она вдруг осенью появилась в сравнительно большом количестве и при этом в разных концах губернии (Московский, Клинский, Богородский, Бронницкий уезды).

Что это, такое? Не есть ли это опровержение того объяснения, которое ставит приливы жизни в зависимость от климатических влияний? Я думаю, что нет. Один голый факт, без объяснения, без внутреннего смысла, ничего никогда не может ни доказать, ни опровергнуть. А внутреннего смысла приведенного факта мы не знаем.

Природа скупа на объяснения. Она дает лишь окончательные результаты, и человеку часто приходится затрачивать массу труда и терпения, чтобы проследить всю причинную цепь. А насколько сложна и многообразна зависимость разбираемых явлений, покажет вот хотя бы следующий пример, случайно подмеченный мной все в том же 1903 году.

Под Москвой довольно обыкновенна бабочка *Macrothylacia rubi* L. В конце мая и начале июня рыжие самцы этого вида нередко бросаются в глаза, когда они быстрым, неправильным полетом носятся над высокой травой, озаряемой последними лучами заходящего солнца, и то как бы ныряют в нее, то снова из нее вылетают. Молодые мохнатые гусеницы ее, появляясь в начале июля, держатся первое время довольно скрытно, прячась под листьями и травой на земле. В конце же лета, обыкновенно во второй половине августа, когда у них закончится последняя линька и улетят вместе с большинством насекомоядных птиц кукушки, которые, как известно, являются злейшими врагами наших мохнатых гусениц, они смело вылезают из своих убежищ и весь день открыто держатся на траве. В это время часто прихо-

дится видеть этих больших, около 80 мм длины, темных, мохнатых гусениц, ползающих по лугам в течение всей осени и почти не знающих никаких врагов. Но лето 1903 года оказалось для многих из них роковым. Возможно, что, вследствие особенно теплого лета, развитие их пошло быстрее нормального или кукушки по случаю хорошего, ясного лета задержались дольше обыкновенного, а может быть, вследствие обеих этих причин вместе, случилось то, что гусеницы *Macrothylacia rubi* L. перелиняли и вылезли на открытые места в то время, когда кукушки еще не улетели. И вот представилась необыкновенная картина. Кукушки стали разгуливать по лугам вблизи опушки лесов и подбирать всех гусениц, с каждым днем все более и более выползавших из своих убежищ. Какая масса гусениц *Macrothylacia rubi* L. при этом уничтожалась, показывает тот же факт, что у убитой мною при подобных обстоятельствах кукушки весь желудок был набит исключительно этими гусеницами, и я достал их из него двенадцать штук, более или менее целых, не считая переваренных, которыми был набит весь кишечник. Понятно, что подобное истребление не могло не отозваться пагубно на жизни этого вида, и можно было с уверенностью сказать, что на следующий год у него должен был наступить «отлив» видовой жизни<sup>7</sup>.

На этом я и окончу мой очерк. Я надеюсь, что мне хотя отчасти удалось указать на те постоянные, вечные и глубокие изменения, какие испытывает фауна какой-либо местности под влиянием непрерывно поднимающихся и опускающихся волн видовой жизни. Мне хотелось показать, сколько еще темных, неразгаданных вопросов таит в себе наша природа, та самая природа, которую мы видим каждый день, на каждом шагу. Мне хотелось показать, что, тщательно изучая какую-нибудь, даже небольшую, специальную фауну, можно подойти к вопросам более общим, к выводам, приложимым и к другим группам животных, и этих вопросов так много, что, когда мы составим полные списки животных данной местности, только тогда еще и начнется настоящее изучение местной фауны.

Москва,  
8 января 1905 г.

<sup>7</sup> К несчастью, я уезжал из Московской губернии на все лето 1904 г., так что не мог проверить сделанного вывода.



## Большеглазый полоз

Ю. К. Горелов,

кандидат биологических наук

Институт эволюционной морфологии и экологии животных  
им. А. Н. Северцова АН СССР  
Москва

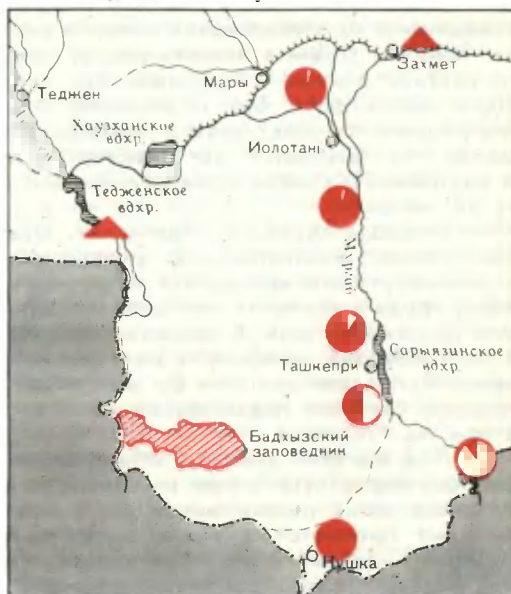
Большеглазый полоз распространен в Южной Азии — от Афганистана и Пакистана на западе до Южного Китая и Малайского архипелага на востоке. На крайнем юге Туркмении в долинах рек Мургаба и Кушки обитает северная популяция вида.

Большеглазый полоз — самая крупная змея нашей фауны. Автору пришлось держать в руках экземпляры общей длиной до 245 см. В Индии большеглазые полозы достигают 3,5 м.

Спина и бока молодых полозов пестрые, в основном светло-серые. На значительной части ареала вида взрослые экземпляры окрашены сверху в светло-коричневые или оливково-бурые тона. Такого же цвета и большинство полозов по р. Мургабу выше впадения в него р. Кушки. В долинах Кушки и нижнего течения Мургаба у большинства взрослых большеглазых полозов спина и бока черного цвета. По этому признаку полозы долины Кушки и нижнего течения Мургаба выделены С. А. Черновым в качестве особого подвида *Ptyas mucosus nigricens*. Темная окраска способствует лучшему поглощению тепловой части спектра солнечных лучей, что позволяет особям, обитающим на северном пределе ареала вида, быть активными и в прохладные солнечные дни. Брюшная сторона большеглазых полозов, как правило, желтая с перламутровым отливом. В животном мире комбинация ярко-желтого и черного цветов является предупреждающей. Оборачиваясь полоз обычно делает «свечку»: бросок вверх (иногда до 175 см). Такой бросок, при котором полоз демонстрирует врагу желтое брюхо, — весьма эффектное зрелище. Автору неоднократно приходилось брать в руки большеглазых полозов. И часто, выражая неудовольствие, полоз делал бросок вверх. До сих пор не знаю, только ли демон-

стрировали змеи в броске свое ярко окрашенное брюхо, пытаются отпугнуть неожиданного противника, или всерьез намеревались вцепиться мне в лицо.

Раздраженная змея раздувает горловую часть шеи. Туркменские названия «кара-кайчак» и «гара-кайчак», которые



Распространение большеглазого полоза в Туркмении.



распределение цветовых вариаций [черного и светлоокрашенного подвидов]

пункты возможной акклиматизации полоза

территория, заповедывание которой необходимо, чтобы сохранить большеглазого полоза, кулана, джейрана и восстановить тугайную растительность



Большеглазый полоз.

можно перевести как «черный, отклоняясь, нападает» и «черный с сильно выпяченной грудью», весьма тонно характеризуют способ самозащиты этого вида и внешний облик раздраженной змеи. Русское название «большеглазый полоз» точно отражает одну из характерных особенностей вида — очень большие, слегка выпуклые глаза.

В Туркмении большеглазый полоз ведет полуводный образ жизни. Держится он в прибрежной полосе рек и водохранилищ, охотно заплывает в воду, населяет арыки, тростниковые заросли, травянистые болота и т. д. Полоз хорошо лазает по деревьям, часто вызывая переполох среди птиц. Обязательное условие его существования — наличие в районе пресной воды. Этой причиной можно объяснить отсутствие большеглазого полоза в долине р. Кашан — солончатом притоке Мургаба. Зимует полоз в речных долинах и в прилежащих к ним холмах, удаляясь до 5 км от поймы рек.

В рацион вида входят преимущественно озерная лягушка и зеленая жаба. Поедает он ящериц и змей, мелких рыб, грызунов. Отмечены случаи каннибализма. Половозрелости большеглазый полоз достигает в возрасте трех лет. Раз в год

откладывает до 16, а возможно, и более яиц.

Общая численность вида в нашей стране — ориентировочно около двух тысяч особей, весьма неравномерно размещенных по территории. Несмотря на большую жизнеспособность большеглазого полоза, его численность снижается и существует реальная опасность полного вымирания вида в нашей стране. В долине Кушки он уже на грани исчезновения. Основная причина сокращения численности — сельскохозяйственное освоение долин рек: распашка террас, постройка водохранилищ, выпас скота. Это привело к деградации пойменных ландшафтов, гибели тугаев и травянистых болот. Крупный урон численности большеглазого полоза и ряду других видов наносят палы тростниковых и прочих травянистых зарослей и остатков тугаев. Палы проводятся совершенно бесконтрольно и наносят огромный ущерб последним остаткам пойменных ландшафтов. В какой-то мере на снижение численности вида влияет истребление змей местным населением и их вылов герпетологами и любителями. Змееловы, которые ранее добывали гюрз в бассейне Мургаба, попутно заготавливали и большеглазых полозов. Сейчас такой отлов запрещен.

Большеглазый полоз весьма требователен к условиям жизни в неволе, и держать его можно только в специаль-



Большеглазый полоз в позе угрозы.

Фото автора.

но оборудованном большом террариуме. Единичные экземпляры этого вида временно содержатся в некоторых зоопарках страны и у отдельных любителей, но в неволе не размножаются.

Привычка полоза в буквальном смысле слова совать нос во все щели и углы приводит к тому, что у полозов, содержащихся в необорудованном террариуме, межчелюстный щиток обычно сбит. Исследовательская активность большеглазого полоза, сочетающаяся с изумительной цепкостью и лазучестью, успешно использовалась в Бадхызском змеепитомнике. В обширные вольеры с гюрзами или кобрами сажали полозов, которые тут же начинали обследовать помещение, пытаются найти сквозную пору или шероховатость на бетонной стенке вольера, зацепившись за которую, можно было бы выбраться на волю. Если большеглазого полоза в вольере не оказывалось, значит, надо приниматься за ее ремонт, пока не успели расползтись ядовитые змеи.

Большеглазый полоз внесен в «Красную Книгу» Международного союза охраны природы и природных ресурсов и «Красную Книгу СССР». В разделе «Красной Книги СССР», посвященном земноводным и пресмыкающимся, отсутствует деление на категории по степени уязви-

мости. Когда этот недостаток будет устранен, большеглазого полоза необходимо будет внести на красные листы, т. е. в категорию видов, находящихся под угрозой исчезновения.

От успешности охраны кушко-мургабской популяции большеглазого полоза зависит не только сохранение этого интересного вида в фауне нашей страны, но и спасение эндемичного подвида. Для этого необходимо принять следующие меры: восстановить заповедный режим в Бадхызском заповеднике и вернуть ему неиспользуемую под посевы часть долины р. Кушки между г. Кушкой и совхозом «Победа» длиной около 35 км (эта мера способствовала бы сохранению и других исчезающих видов — кулана, джейрана); прекратить палы тугаев и тростниковых зарослей в пойме Мургаба и в верховьях Кушки, а выжигание травяной растительности по арычным системам проводить только зимой; полностью запретить добычу полоза на территории Туркменской ССР; установить действенный контроль за змееловами, герпетологами и террариумистами во всем бассейне Мургаба; вести широкую разъяснительную работу по охране редких животных среди населения; рассмотреть целесообразность и возможность акклиматизации большеглазого полоза на подходящих участках в долине р. Теджена и по Каракумскому каналу за счет змей из района, подлежащего затоплению Сарыязинским водохранилищем, уровень которого будет поднят на 18 м.





Зоология

## Почему колорадский жук распространяется на восток!

Ф. С. Козманюк,  
кандидат биологических наук  
Брест

В 1824 г. американский энтомолог Томас Сэй описал новый вид жука-листоеда, обитавшего на диких пасленовых растениях в штатах Миссури и Канзас, и назвал его *Chrysomela decemlineata*. В конце 70-х годов XIX в. Герольд отнес его к роду *Leptinotarsa*, и с тех пор за картофельным жуком закрепилось латинское название *Leptinotarsa decemlineata*.

В то время никто не предполагал, что через 35—40 лет этот жук, встретившись с культурным картофелем в штатах Колорадо и Небраска, доставит массу хлопот фермерам Америки, крестьянам Европы и биологам этих континентов. В 1855 г. жук, прозванный колорадским, переселился с диких пасленовых на культурный картофель в штате Небраска, а к 1874 г. достиг берегов Атлантического океана. К этому времени ареал колорадского жука продвинулся на восток на 2400 км и занимал территорию в 6 млн км<sup>2</sup>. Катастрофическое размножение этого вредителя привело к тому, что в отдельных местах на побережье Атлантического океана жуки образовали слой до 50 см толщиной, препятствуя движению транспорта, и даже вынудили жителей Бостона в 1874 г. на время покинуть город.

С 1876 г. колорадский жук sporadически появляется в Европе (Германии, Англии, Франции, Голландии), но решительные меры борьбы, принятые правительственными учреждениями этих стран, помешали жуку закрепиться на новых территориях.

В 1916—1918 гг. колорадского жука случайно завезли из-за океана с военными грузами во Францию. Часть жуков в порту Бордо слетела на берег и поселилась на картофельных полях. Шла война, и в течение 3 лет на жука не обращали внимания. Тревогу подняли в 1922 г., но было поздно. Жук закрепился на европейском континенте: в 1935 г. он проник в Германию и Бельгию, в 1936 г. — в Голландию, в 1937 — в Швейцарию, в 1940 — в Австрию, в 1945 — в Чехословакию, в 1946 — в Польшу и Югославию, в 1947 — в Венгрию. В СССР первые очаги жука появились в 1949 г. во Львовской области, а в 1958—1960 гг. вторгся на территорию СССР широким фронтом от Балтийского до Черного морей на протяжении 2000 км. Продвижение жука на восток до сих пор не удалось остановить в связи с большими площадями, занятыми его основным кормовым растением — картофелем, и вследствие его исключительно высокой экологической пластичности.

Распространение и закрепление колорадского жука обычно складывается из трех этапов: одиночные залеты «авангарда» и образование изолированных очагов; размножение в очагах и их расширение; смыкание очагов и сплошное заражение картофельных полей. В США скорость распространения с запада на восток составляла в среднем 185 км в год. В Европе в разные годы она была различной. В 1922 г. — в среднем 47 км в год, в 1936—1943 гг. — 88—90 км, в 1944—1946 — до 400 км, в СССР с 1958 по 1973 г. — 100 км. В 1979 г. колорадский жук переселился через Уральские горы и захватил отдельные территории в Западной Сибири. Сейчас в СССР этот вредитель отсутствует в Закавказье, Средней Азии и на Дальнем Востоке.

Непосредственные причины, вызывающие дальние полеты жуков, мало изучены. Одни исследователи связывают активную миграцию насекомых с

предгрозовой и грозовой обстановкой, другие — с высокой дневной температурой и восходящими потоками воздуха и т. д. В США этот вид расширяет свой ареал в основном осенью. В Европе же некоторые исследователи считают ведущим сезонной миграции — весну и лето, а другие — осень (например, в Брестской области больше всего мигрирующих жуков осенью).

Г. А. Пукинская установила, что после зимовки вредитель расселяется в восточном и юго-восточном направлении<sup>1</sup>.

Наблюдая за поведением жуков в период массового размножения в Брестской области, мы попытались объяснить такую направленность расселения. Дело в том, что жуки выходят из почвы в теплое время суток (после 12 часов дня) и в основном появляются на поверхности в 14—16 часов при достаточной влажности почвы. Они выползают на свет и обсыхают до затвердения хитинового покрова, а затем направляются на поиск воды. Замечено, что при низком положении солнца жуки летят в противоположную от солнца сторону, т. е. в восточном направлении. Найдя водоем, они долго пьют, а затем движутся в поисках корма в этом направлении, следуя своеобразному инстинкту сохранения первоначального направления полета. Дальность таких миграций составляет десятки километров. Известны случаи, когда жуки перелетали Ламанш и залетали на суда, находящиеся в 115 км от побережья.

Таким образом, основная причина расселения жука в восточном направлении состоит в его биологических особенностях.

<sup>1</sup> Пукинская Г. А. Миграция и расселение колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) в Закарпатской области и причины, определяющие их характер и направление. Автореферат канд. дисс. Киев, 1968.

## Космические исследования

## Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1980 г.)

В июле — августе 1980 г. в Советском Союзе было запущено 22 космических аппарата, в том числе 19 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства. На трех спутниках этой серии («Космос-1201, -1203, -1207») установлена научная аппаратура для продолжения исследований природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. Информация с этих спутников поступает в Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа» для обработки и использования.

На космическом корабле «Союз-37» стартовал шестой международный экипаж по программе «Интеркосмос» в составе командира корабля летчика-космонавта СССР В. В. Горбатко и космонавта-исследователя гражданина Социалистической Республики Вьетнам Фам Туана!

Очередной спутник телевизионного вещания «Экран» (международный регистрационный индекс «Станционар-Т») запущен на близкую к стационарной круговой орбиту и оборудован ретрансляционной аппаратурой, обеспечивающей передачу в дециметровом диапазоне волн программ Центрального телевидения СССР на сеть приемных устройств коллективного пользования.

<sup>1</sup>Подробнее о полете шестого международного экипажа см.: «Природа», 1980, № 10, с. 106.

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	накло-нение, град	период обращения, мин
«Космос-1190»	1.VII	792	829	74	100,8
«Космос-1191»	2.VII	646	40 165	62,8	726
«Космос-1192 ÷ 1199»	9.VII	1 451	1 522	74	115,3
«Космос-1200»	9.VII	209	332	72,9	89,5
«Экран»	15.VII	35 474	35 474	0,36	1420
«Космос-1201»	15.VII	220	274	82,3	89,1
«Молния-3»	18.VII	467	40 815	62,8	736
«Союз-37»	23.VII	263*	312	51,6	90
«Космос-1202»	24.VII	209	333	72,9	89,6
«Космос-1203»	31.VII	227	303	82,3	89,5
«Космос-1204»	31.VII	346	546	50,7	93,3
«Космос-1205»	12.VIII	208	332	72,8	89,6
«Космос-1206»	15.VIII	630	659	81,2	97,4
«Космос-1207»	22.VIII	218	282	82,3	89,2
«Космос-1208»	26.VIII	181	362	67,1	89,6

\* Параметры орбиты после коррекции.

Очередной спутник связи «Молния-3» с ретрансляционной аппаратурой в сантиметровом диапазоне предназначен для эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и в рамках международного сотрудничества.

## Космические исследования

## Продолжение экспедиции на «Салюте-6»

В июле — августе 1980 г. космонавты Л. И. Попов и В. В. Рюмин продолжили выполнение запланированной программы работ на орбитальной станции «Салют-6». К середине июля была завершена разгрузка транспортного корабля «Прогресс-10». 16 июля 1980 г. с помощью двигательной установки «Прогресса-10» космо-

навты провели коррекцию траектории научно-исследовательского комплекса. 18 июля «Прогресс-10» отделился от орбитального комплекса; на следующий день корабль вошел в плотные слои атмосферы над заданным районом Тихого океана и прекратил свое существование.

7 июля с помощью аппаратуры «Испаритель» экипаж выполнил заключительную серию экспериментов, в которых в качестве напыляемого материала использовалось серебро. Затем космонавты демонтировали аппаратуру «Испаритель» и на ее месте установили электроннагревательную печь «Сплав». С помощью этой печи и электроннагревательной установки «Кристалл» были продолжены эксперименты по космическому материаловедению. В условиях слабой гравитации и глубокого вакуума были получены полупроводниковые материалы кадмий-ртуть-теллур, арсенид галлия, антимонид индия, германий, фосфид галлия. Проводились также экспери-

менты, в которых в условиях невесомости были получены специальные сорта стекла и различные металлургические соединения. В технологическом эксперименте «Вращение» на установке «Сплава» исследовался процесс кристаллизации твердого раствора металлов в условиях направленной слабой гравитации. В общей сложности за 5 месяцев работы на станции «Салют-6» космонавты Попов и Рюмин выполнили свыше 50 технологических экспериментов.

Космонавты продолжали наблюдения и съемки отдельных районов земной поверхности акватории Мирового океана в интересах различных отраслей науки и народного хозяйства.

Продолжалась широкая программа медико-биологических исследований. В космических оранжевых «Оазис» и «Малахит» были проведены очередные серии экспериментов с высшими растениями.

С помощью чехословацкого прибора «Оксиметр» изучался кислородный режим в тканях человека, находящегося в невесомости. Систематически проводились обследования сердечно-сосудистой системы космонавтов во время физических упражнений на велоэргометре, исследовалось дыхание и жизненная емкость легких, биоэлектрическая активность сердца и другие параметры состояния космонавтов. По данным медицинских обследований, космонавты Попов и Рюмин сохраняют высокую работоспособность на протяжении всего длительного орбитального полета.

С помощью малогабаритного гамма-телескопа «Елена» измерялся поток гамма-излучения и заряженных частиц в околоземном космическом пространстве. Были продолжены также астрофизические эксперименты с помощью субмиллиметрового телескопа БСТ-1М. Впервые в практике космических полетов успешно проведен технический эксперимент по исследованию возможности автоматического перевода аппарата в режим гравитационной стабилизации. Новый метод позволит

использовать более экономичный режим управления орбитальными станциями при беспилотных полетах.

В конце июля космонавты Попов и Рюмин работали на станции вместе с советско-вьетнамским экипажем — космонавтами В. В. Горбатко и Фам Туаном. Космический корабль «Союз-37», доставивший на станцию В. В. Горбатко и Фам Туана, был пристыкован к станции со стороны ее агрегатного отсека. После отлета международного экипажа было осуществлено перестроение научно-исследовательского комплекса. Для освобождения стыковочного узла, расположенного на агрегатном отсеке «Салюта-6», «Союза-37» с космонавтами отстыковался от станции, а затем снова состыковался с ней, развернувшись на 180°, но уже со стороны переходного отсека.

4 сентября с помощью двигательной установки корабля была проведена коррекция траектории движения космического комплекса «Салют-6» — «Союз-37». 5 сентября 1980 г. был 150-й день работы космонавтов Попова и Рюмина на околоземной орбите.

С. А. Никитин  
Москва

#### Планетология

### Грозовые разряды на Венере

Уже первые исследования Венеры показали, что на уровне ее облачного слоя наблюдается сильное турбулентное движение воздуха, насыщенного аэрозольными частицами, что должно способствовать накоплению в облаках электрических зарядов. Обнаружение молний в атмосфере Венеры было впервые проведено в эксперименте «Гроза», разработанном Л. В. Ксанфомалити с сотрудниками (Институт космических исследований АН СССР) и проведенном с помощью спускаемых аппаратов автоматических станций «Венера-11 и -12».

Под «грозой» подразумевались только электрические разряды в атмосфере Венеры — молнии, но не выпадение каких-либо осадков.

Для регистрации разрядов использовался высокочувствительный сверхдлинноволновый радиоприемник (8—90 кГц). Измерения выполнялись при спуске станции в атмосферу, начиная с высоты 60 км, и продолжались после ее посадки на поверхность планеты. С верхнего участка трассы наблюдениями охватывалась площадь поперечником 3,5 тыс. км. Во время спуска «Венеры-11» грозовые разряды были весьма интенсивными (до 30 в секунду). Они происходили из шести различных источников, размеры одного из которых составляли 150 км. Четырьмя днями раньше в том же районе планеты с помощью «Венеры-12» было зарегистрировано всего лишь две больших группы электрических импульсов. Это свидетельствует о развитии грозовой активности за период не более 4 земных суток. Из-за значительной высоты облаков (49 км) разряды на поверхности планеты маловероятны, скорее всего, они происходят между отдельными образованиями облачного слоя. Подобные разряды хорошо известны в атмосфере Земли.

Оба аппарата зарегистрировали неожиданно значительное увеличение напряженности электромагнитного поля на высоте 7—8 км от поверхности. Природа его остается пока неясной. Аномальные явления в атмосфере примерно на этой же высоте были отмечены и зондами американской станции «Пионер-Венера»<sup>1</sup>.

Обнаружение в эксперименте «Гроза» электрических разрядов в атмосфере Венеры позволило дать объяснение слабому свечению ночной стороны этой планеты, которое несколько раз наблюдалось с Земли с помощью телескопов. По расчетам

<sup>1</sup> «Природа», 1979, № 11, с. 100.

Ксанфомалиты, чтобы заметить свечение от молний в телескоп с Земли, достаточно, чтобы грозовая активность была в несколько раз больше, чем во время посадки «Венеры-11».

Энергия электрических разрядов на Венере близка к энергии земных молний. Разряды происходят в облачном слое. В период проведения эксперимента грозовые явления имели местный характер. Грозовая активность на Венере выше, чем на Земле. Она вполне достаточна для образования малых составляющих атмосферы планеты. Таким образом, электрические разряды в атмосфере присущи не только Земле, но и другим планетам с достаточно плотными газовыми оболочками. Они существуют на Земле, Венере, Юпитере<sup>2</sup> и, вероятно, на других планетах-гигантах.

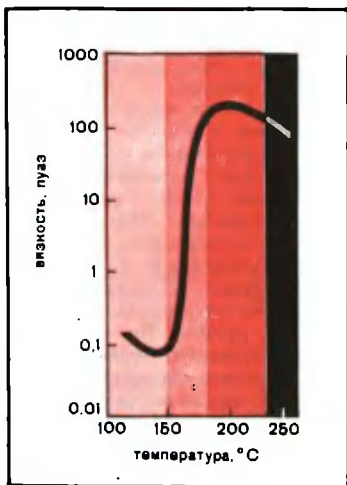
«Космические исследования», 1979, т. 17, № 5, с. 747—762.

#### Планетология

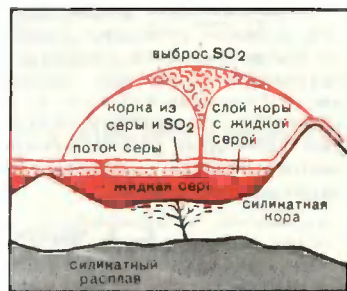
### Много ли серы на Ио?

При спектроскопических наблюдениях со станций «Вояджер» на спутнике Юпитера — Ио обнаружена двуокись серы в газообразном и твердом состоянии. Сера и ее соединения — наиболее распространенные продукты вулканических извержений на Земле; по количеству они уступают лишь парам воды и углекислому газу. На Ио, где вода отсутствует, выбросы из вулканов состоят в основном из соединений серы.

По мнению К. Сагана (Корнеллский университет, США), именно соединения серы и придают поверхности Ио яркую красно-оранжевую окраску. В зависимости от модификации сера плавится при температуре от 110 до 119°C; при 150°C расплав из



Зависимость цвета и вязкости жидкой серы от температуры.



Строение коры Ио согласно модели «серного океана».

желтого становится оранжевым, затем красным (180°C) и черным (250°C). Вязкость жидкой серы возрастает примерно в 1000 раз при увеличении температуры от 150 до 200°C. Черные пятна на Ио представляют собой озера жидкой серы с температурой выше 250°C. От многих из этих пятен радиально расходятся полосы, напоминающие потоки лавы. Черные полосы самые короткие, красные длиннее, а оранжевые и желтые потоки занимают наиболее значительную площадь. Подобная картина объясняется тем, что расплавы серы из-за повышения вязкости при остывании растекаются плохо и в основном остаются около кратеров.

Вопрос о том, насколько глубоко в действительности простираются слои серы на Ио, служит предметом дискуссии между различными группами исследователей. Б. Смит, Ю. Шумейкер, С. Киффер и А. Кук (Университет штата Аризона, Геологическая служба и Смитсоновская астрофизическая обсерватория, США) предложили модель «серного океана». Вся поверхность Ио (напомним, что диаметр Ио — 3640 км) покрыта коркой толщиной ~ 10 км, состоящей из смеси серы и двуокиси серы. Нижняя часть корки насыщена жидкой серой. Под ней располагается «океан» жидкой серы, дном которого служит слой обычных силикатных горных пород. Ниже этого твердого слоя простираются силикатные расплавы. Согласно этой модели, из серы образованы все формы рельефа на Ио, кроме наиболее высоких гор, представляющих выступы силикатного слоя, покрытые серой.

По мнению Г. Мазурского, Дж. Шабера, Л. Содерблома и Р. Строма (Геологическая служба и Университет штата Аризона, США) более предпочтительна модель силикатного строения Ио. Многие формы ее рельефа весьма похожи на те, которые на Земле сложены силикатными породами различного состава. Кроме того, обнаруженные на Ио горы высотой 4—8 км могут состоять только из силикатов, поскольку гора серы таких размеров расплазлась бы под собственным весом, подобно леднику. Сера и ее соединения присутствуют лишь в сравнительно небольшом количестве в виде примесей к силикатным породам, обеспечивая их различную окраску.

Пока не хватает данных, чтобы сделать окончательный выбор между этими двумя моделями. Однако в любом случае ясно, что Ио представляет собой поистине планету серы.

«Nature», 1979, v. 280, № 5725, p. 725—729, 738—743, 750—753 (Великобритания).

<sup>2</sup> «Природа», 1980, № 8, с. 102.

Физика

### Лазеры на свободных электронах

Еще в 1933 г. П. Л. Капица и П. А. Дирак предсказали существование вынужденного синхротронного (так называемого ондуляторного) излучения при прохождении пучка быстрых электронов сквозь поперечное пространственное поле — периодическое магнитное поле — магнитную решетку, или ондулятор<sup>1</sup>. Они рассмотрели взаимодействие электронного пучка с двумя электромагнитными волнами: волной ондуляторного излучения и волной, возникающей при рассеянии ондуляторного излучения электронами пучка в направлении последнего. Ими был открыт эффект индуцированной передачи энергии с помощью пучка от одной волны к другой. Явление получило название вынужденного обратного комптоновского рассеяния ондуляторного излучения. Из-за эффекта Доплера частота рассеянного излучения увеличивается по сравнению с ондуляторной частотой в  $4\gamma^2$  раз ( $\gamma^2 = E^2/m^2c^4$ , где  $E_0$  — энергия релятивистского электрона).

Внутри магнитной решетки траектории электронов имеют, в зависимости от конфигурации магнитного поля, синусоидальную или винтовую форму. Перемещаясь вдоль таких траекторий, электроны создают ондуляторное излучение линейной или круговой поляризации с частотой, пропорциональной (в лабораторной системе отсчета) квадрату энергии электронов и обратно пропорциональной периоду магнитной решетки. Если все устройство поместить в оптический резонатор, собственная частота которого равна частоте излучения электронов, то возникающее в резонаторе электромагнитное поле будет раскачивать электронный пучок с той же частотой. Можно сказать, что электромагнитное поле в ондуляторе, участвуя в процессе вынужденного

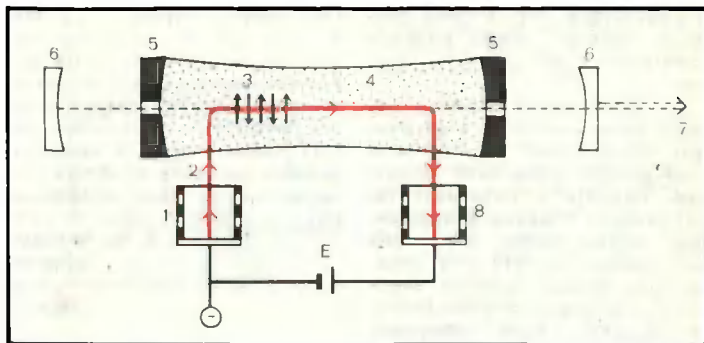


Схема перестраиваемого комптоновского лазера с многократным прохождением электронного пучка: 1 — входной ускоритель, 2 — электронный пучок, 3 — входная магнитная решетка [винтовой сверхпроводящий магнит], 4 — поле ондуляторного

излучения, 5 — зеркала резонатора накачки, 6 — зеркала резонатора выходного комптоновского излучения, 7 — лазерный луч, E — вспомогательный низковольтный источник питания, возмещающий потери энергии на излучение.

излучения, одновременно образует в резонаторе световую магнитную решетку, модулирующую скорость электронов в поперечном направлении. В результате амплитуда поперечных колебаний пучка увеличивается и соответствующее когерентное усиление ондуляторного излучения происходит до тех пор, пока не установится стационарный режим, определяемый потерями в резонаторе. Таким образом, получается устройство, способное создавать когерентное излучение; оно получило название лазера на свободных электронах (или убитрона).

Впервые на возможность создания лазеров на свободных электронах указал Дж. Мейди (Станфордский университет, США), разработавший квантовую теорию такого лазера<sup>2</sup>. Исследования по созданию лазеров на свободных электронах с многократным прохождением электронного пучка через ондулятор ведутся А. А. Коломенским (Физический институт

им. П. Н. Лебедева АН СССР)<sup>3</sup>. На базе кольцевого накопителя электронов предпринята попытка создать лазер, работающий в миллиметровом и сантиметровом диапазонах длин волн и имеющий большой (за счет рециркуляции пучка) коэффициент полезного действия. Последовательную классическую теорию убитрона и комптоновского лазера<sup>4</sup> развил Л. А. Вайнштейн (Институт физических проблем АН СССР)<sup>5</sup>. Важнейшее свойство таких лазеров — перестраиваемость их рабочей частоты, осуществляемая непосредственно путем изменения энергии пучка. Перестройка может быть проведена в довольно широком диапазоне — от дальней ИК-области до оптической. Кроме того, в этих лазерах происходит прямое преобразование электрической энергии пучка в световую.

Для успешной работы описанных устройств необходима высокая степень синфазности колебаний электронов пучка

<sup>2</sup> Madey J. — "J. Appl. Phys.", 1971, v. 42, № 5, p. 1906.

<sup>3</sup> Коломенский А. А., Лебедев А. Н. — «Квантовая электроника», 1978, т. 5, № 7, с. 1543—1552.

<sup>4</sup> Когда устройство генерирует «обратное комптоновское» излучение, говорят о комптоновском лазере.

<sup>5</sup> Вайнштейн Л. А. — «ЖТФ», 1979, т. 49, вып. 6, с. 1129—1143.

<sup>1</sup> Kapitza P., Dirac P. — "Proc. Camb. Phil. Soc.", 1933, v. 29, p. 297.

в ондуляторе, что, в свою очередь, требует, чтобы разброс электронов по энергиям был мал.

Достижения физики и техники релятивистских электронных ускорителей и квантовой электроники позволили вплотную подойти к созданию таких лазеров. Впервые вынужденное ондуляторное излучение наблюдалось в 1975 г. в лаборатории физики высоких энергий Станфордского университета (США)<sup>6</sup>. Было получено 7%-усиление сигнала CO<sub>2</sub>-лазера (10,6 мкм), луч которого проходил соосно с электронным пучком (энергия 24 МэВ) внутри винтового сверхпроводящего ондулятора длиной 5,2 м, периодом поля 3,2 см и индукцией 0,24 Т. Вынужденное излучение в  $\sim 10^3$  раз превышало спонтанное.

В 1977 г. в той же лаборатории заработал первый лазер на свободных электронах<sup>7</sup>. Пучок электронов с энергией 43 МэВ и описанный выше ондулятор находились в оптическом резонаторе, расстояние между зеркалами в котором составило 12,7 м. Мощность выходящего когерентного излучения равнялась 7 кВт на длине волны 3,42 мкм при коэффициенте преобразования электрической энергии в световую 0,015 (мощность внутри резонатора равнялась 500 кВт). Недавно Л. Элиас из той же станфордской группы опубликовал проект мощного комптоновского лазера<sup>8</sup> с длиной волны, перестраиваемой от 50 до 0,1 мкм. Возбуждать поперечные колебания пучка предполагается с помощью комбинации сверхпроводящего ондулятора и световой решетки, создаваемой излучением накачки. Пучок и ондулятор помещаются в два соосных оптических резонатора: внутренний — резонатор накачки и внешний, усиливающий «комптоновское» излучение.

При энергии пучка  $\sim 9,4$  МэВ и токе 25 А мощность излучения на длине волны 0,4 мкм должна достигать 12,5 кВт; коэффициент преобразования энергии  $\sim 0,3\%$ . При энергии 3,55 МэВ и токе 20 А мощность должна составить 40 кВт на длине волны 16 мкм; коэффициент преобразования  $\sim 1,5\%$ .

В. Ф. Чельцов,

кандидат физико-математических наук  
Москва

#### Физика

### Поляризация атомов при фотодиссоциации молекул

О. С. Васютинский (Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР) обнаружил эффект поляризации спинов атомов цезия, образовавшихся при диссоциации паров иодистого цезия под действием циркулярно поляризованного света ртутной лампы. Кювета со смесью паров иодистого цезия (парциальное давление  $10^{-2}$  мм рт. ст.) и неона (10 мм рт. ст.) помещалась в постоянное магнитное поле направленно 0,3 Э, направленное вдоль оси кюветы; световой поток от ртутной лампы падал параллельно силовым линиям магнитного поля.

Спин атомов цезия, возникавших при реакции  $\text{CsI} + h\nu \rightarrow \text{I} + \text{Cs}$  и находившихся в основном состоянии ( $6^2S_{1/2}$ ), был ориентирован вдоль магнитного поля. Атомы с направленными таким образом спинами появлялись лишь при круговой поляризации света, а сам эффект наблюдался только в коротковолновой области спектра (360 нм).

Образование в кювете газа из поляризованных атомов цезия фиксировалось по частичной круговой поляризации, которая возникала у проходящего сквозь пары цезия неполяризованного резонансного излучения цезиевой лампы.

Чтобы понять появление частичной поляризации, рассмотрим схему нижних уровней атома цезия и излучательные

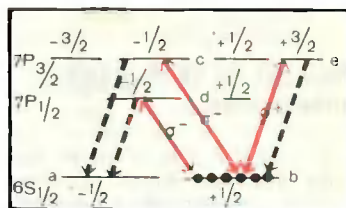


Схема нижних уровней атома цезия ( $6^2P_{1/2}$ ,  $7^2P_{1/2}$ ,  $7^2P_{3/2}$ ) и излучательных переходов между ними. Спонтанные переходы показаны пунктирными стрелками.

переходы между ними (см. рис.). Поскольку спин образующихся атомов направлен по магнитному полю, то заселен лишь уровень «b» основного состояния  $6^2P_{1/2}$ . Падающие на атомы цезия фотоны излучения цезиевой лампы с правой круговой поляризацией ( $\sigma^+$ ) вызывают вследствие правил отбора индуцированные переходы лишь между уровнями «b» и «e», причем с уровня «e» атомы возвращаются обратно на «b» также за счет спонтанного излучения. Поглощение фотонов с левой круговой поляризацией ( $\sigma^-$ ) сопровождается переходами атомов в состояния «c» и «d», откуда происходит спонтанный<sup>1</sup> переход в состояние «a», т. е. опять в основное состояние, но с противоположным направлением спина.

Таким образом осуществляется перекачка атомов из состояния «b» в состояние «a», сопровождаемая поглощением  $\sigma^-$ -фотонов. Этот процесс нарушает баланс поляризации исходного излучения, и излучение цезиевой лампы, выходящее из кюветы, оказывается частично поляризованным по кругу вправо ( $\sigma^+$ -поляризация).

«Письма в ЖЭТФ», 1980, т. 31, № 8, с. 457.

<sup>6</sup> Elias L. et al.—“Phys. Rev. Lett.”, 1976, v. 36, № 13, p. 717.

<sup>7</sup> Deacon D., Elias L.—“Phys. Rev. Lett.”, 1977, v. 38, № 16, p. 892.

<sup>8</sup> Elias L.—“Phys. Rev. Lett.”, 1979, v. 42, № 15, p. 977.

<sup>1</sup> При спонтанном переходе происходит излучение всех видов фотонов, в том числе и удовлетворяющих условию отбора  $\Delta M=0$ , где M — проекция полного момента валентного электрона на направление магнитного поля.

Физика

### Вынужденное излучение баллистических фононов

Для решения различных задач акустоэлектроники требуются источники упругих (акустических) волн строго определенной частоты. Поэтому в настоящее время ведутся интенсивные исследования различных способов создания направленных потоков моноэнергетических фононов. О наблюдении в кристалле рубина при  $T \sim 1,6$  К импульсов вынужденного излучения поперечных фононов с энергией 0,004 эВ сообщил П. Ху (фирма «Белл Лабораториз», США). Из-за низкой температуры кристалла пространство в нем фононов проходило в баллистическом режиме, т. е. длина свободного пробега фононов превышала размеры кристалла. Распространение фононных импульсов от источника осуществлялось преимущественно вдоль оси кристалла  $C_3$ , т. е. имела место фокусировка фононов.

Источником фононных импульсов являлась небольшая, диаметром 100 мкм область фокуса световых импульсов длительностью 5 нс и мощностью 10 кВт, посылаемых вдоль оси кристалла  $C_3$  лазером на красителе. Фононы излучались при переходах из возбужденного состояния ионов  $Cr^{+3}$ , находящегося в решетке  $Al_2O_3$ . Предварительная переброска ионов  $Cr^{+3}$  из основного в возбужденное состояние осуществлялась под действием светового импульса с длиной волны, соответствовавшей  $R_2$  - линии резонансной флуоресценции рубина (0,6929 мкм). Фокус лазера находился на расстоянии  $\sim 7,5$  мм от грани, на которой располагался приемник фононов — микроболометр из сверхпроводящего алюминия. Болометр и лазерный фокус находились на оси  $C_3$ .

Существование фокусировки фононов вдоль оси  $C_3$  подтверждалось фактом исчезновения сигнала болометра, когда угол между осью  $C_3$  и направлением от фокуса к болометру превышал приблизительно

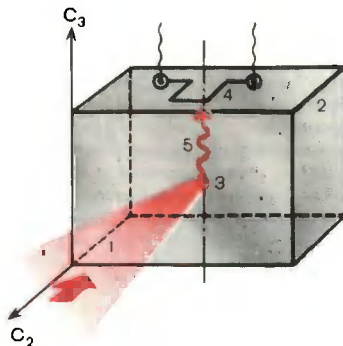


Схема эксперимента по регистрации баллистических фононов: 1 — лазерный луч; 2 — кристалл рубина; 3 — лазерный фокус; 4 — болометр; 5 — фононный импульс.

но  $6^\circ$ . Было также обнаружено, что мощность фононного излучения растет экспоненциально с увеличением интенсивности лазерного импульса.

«Physical Review Letters», 1980, v. 44, № 6, p. 417 (США).

Физика

### Особенности люминесценции в кристалле $Ga_{0,1}Se_{0,9}$

В Лаборатории физики полупроводников Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР наблюдался эффект необычно большого увеличения интенсивности и квантового выхода люминесценции в полупроводнике  $Ga_{0,1}Se_{0,9}$ . Образец возбуждался импульсами света лазера на парах меди длительностью 10 нс. Как только температура кристалла падала ниже 1,8 К, кристалл начинал светиться интенсивным желтым светом. Интенсивность возникавшей во всем объеме кристалла люминесценции возрастала в 10 раз при одновременном увеличении на два порядка времени ее затухания. В результате квантовый выход люминесценции увеличился в 1000 раз, что так-

же на два порядка больше его обычного роста за счет понижения температуры.

Источник люминесценции — излучательная рекомбинация экситонов, связанных с ионизованными донорными центрами (так называемых экситон-примесных комплексов). Эффект наблюдался, лишь когда кристалл облучали фотонами с энергией 2,144 эВ (желтая линия лазера), что меньше ширины запрещенной зоны и почти совпадает с энергией возникавших экситонов. При таком резонансном возбуждении полупроводника процесс образования экситон-примесных комплексов происходил во всем его объеме (свет лазера возбуждал лишь небольшую часть полупроводника), минуя стадии существования свободных электронов и дырок и их диффузии, т. е. обычный путь образования экситонов. Такое непосредственное возникновение локализованных около примесей электрон-дырочных пар уменьшало вероятность их безызлучательной рекомбинации. Этому содействовала и меньшая, по сравнению со случаем свободных электронов и дырок, плотность числа квантовых состояний. В пользу такого механизма роста интенсивности люминесценции и ее квантового выхода свидетельствует также исчезновение эффекта при возбуждении полупроводника фотонами с энергией 2,428 эВ (зеленая линия лазера), что превышает ширину запрещенной зоны.

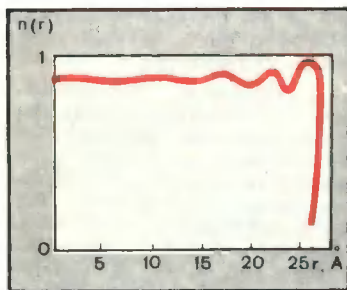
Наблюдавшийся эффект, несомненно, поможет понять физические закономерности люминесценции в полупроводниках при очень низких температурах.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 29, № 1, с. 50.

Физика

### Колебания плотности электронов вблизи поверхности металла

Известно, что электроны проводимости, отражаясь от поверхности металла, ин-



Изменение плотности электронов проводимости с нулевым орбитальным моментом количества движения (в произвольных единицах) как функция расстояния до центра платиновой сферы (расчет).

терферируют друг с другом, создавая стоячие волны максимумов и минимумов электронной плотности, а следовательно, и плотности спинов электронов с энергией вблизи границы Ферми<sup>1</sup>. Такие осцилляции должны быть тем заметнее, чем меньше размеры образца, т. е. чем больше относительный вклад в электронную плотность поверхностных атомов.

Недавно выяснилось, что наблюдать такие приповерхностные колебания плотности электронов можно косвенным образом с помощью ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Действительно, колебания плотности нескомпенсированных электронных спинов приводят к пространственным вариациям так называемого сдвига Найта линии ЯМР-сигнала. Этот сдвиг обусловлен взаимодействием ядерного спина со спинами электронов проводимости образца. Поскольку наблюдаемый сигнал ЯМР является усредненным по всему объему образца, колебания найтовского сдвига вызывают неоднородное уширение спектральной линии, возникающее из-за

<sup>1</sup> Все уровни, лежащие ниже границы Ферми, заполнены парами электронов с противоположными спинами и поэтому не дают вклада в эти волны.

различия резонансных частот в разных точках образца.

Именно такое anomальное большое уширение линии ЯМР-сигнала наблюдали специалисты Северо-Западного университета (штат Иллинойс, США) для шариков платины очень малого диаметра (от 33 до 200 Å) при  $T=1,7-4,2$  К. В эксперименте плавно и контролируемым образом меняли диаметр частиц. При этом ширина линии сигнала ЯМР росла обратно пропорционально диаметру. Для объяснения эффекта исследователи рассчитали теоретическую форму линии в предположении, что справедлив описанный механизм уширения и что вклад в осцилляции плотности дают лишь атомные электроны с нулевым орбитальным моментом количества движения. Сравнение теоретической и экспериментальной форм линии показало их хорошее совпадение.

Полученные данные имеют большое методическое и принципиальное значение для физики твердого тела, поскольку открываются новые возможности для исследования тонких поверхностных эффектов.

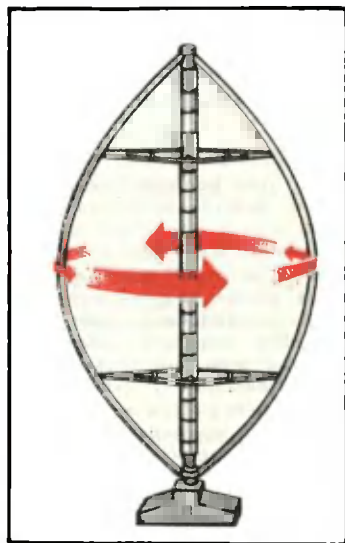
«Physical Review Letters», 1980, v. 44, № 5, p. 348 (США).

#### Энергетика

### Турбины Даррье и Масуды — источники электроэнергии

Повсюду в мире ведутся интенсивные поиски новых эффективных источников энергии, которые могли бы уже сейчас конкурировать с нефтью и газом, а затем и полностью их заменить. Большое внимание уделяется использованию энергии ветра и морских волн.

Начиная с 60-х годов Канадский национальный совет по исследованиям в содружестве с рядом фирм осуществляет программу создания ветровых энергоустановок



Схема, поясняющая механизм вращения турбины Даррье. При обтекании лопастей воздушным потоком возникают аэродинамические силы, направленные по касательной к траектории движения отдельных участков лопастей. Вращающий момент этих сил (цветные стрелки) максимален, когда ветровой поток набегает на лобовую поверхность лопастей.

с турбинами нового типа. Турбина конструкции французского инженера Ж. Даррье состоит из двух одинаковых изогнутых узких лопастей, расположенных в одной плоскости по разные стороны от вертикальной оси — вращающегося цилиндра. При обтекании ветровым потоком лопастей, имеющих специально рассчитанный профиль поперечного сечения, возникает вращающий момент сил относительно оси. Он максимален, когда направление ветра лежит в плоскости лопастей турбины. В отличие от обычных ветряных двигателей с вращающимися вокруг горизонтальных осей пропеллерами, работа турбины Даррье не зависит от направления ветра; для эффективного вращения достаточно ветра умеренной силы (ско-



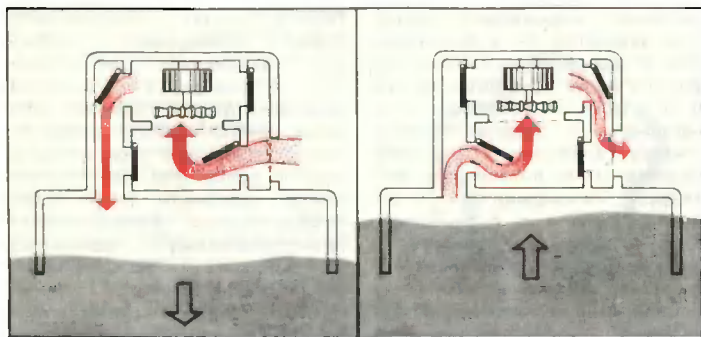


Схема действия турбины Масуды.

рость ~ 6 м/с), а сама конструкция проста и надежна.

В настоящее время экспериментальные ветровые установки с вертикальными турбинами Даррье работают в канадских провинциях Ньюфаундленд (500 кВт), Саскачеван (50 кВт) и на о-ве Магдалены (230 кВт). Национальный совет по исследованиям и фирма «Гидро-Квебек» разработали проект постройки к 1983 г. в канадской провинции Квебек турбины Даррье мощностью 3,8 МВт; ее высота будет равна 108 м.

Одновременно с использованием ветра осваивается энергия морских волн. С 1977 г. под эгидой Международного энергетического агентства совместными усилиями Канады, США, Англии, Ирландии и Японии осуществляется эксперимент «Кэй-мей». В его основе лежит идея японского ученого Й. Масуды о преобразовании энергии колебаний уровня воды во время волнения морской поверхности в электрическую с помощью вертикальных воздушных турбин. Роторы этих турбин приводятся во вращение воздушными потоками, возникающими в вертикальных шахтах при периодическом понижении и повышении уровня воды в них во время волнений на море. Десять таких турбин установлены в сквозных шахтах внутри специального японского судна «Кэй-мей», закоренного вблизи

побережья Японии. Размеры судна 80X12 м<sup>2</sup>; расчетная электрическая мощность установки ~ 2 МВт.

«Science Dimension», 1980, № 1, p. 10—17 (Канада).

Иммунология

**Получение антител повышенной специфичности**

Как известно, введение в организм животного или человека какого-либо антигена дает начало многим иммунным реакциям, в том числе выработке специфических антител, направленных на нейтрализацию этого антигена. Антитела действуют не против всей молекулы антигена, а лишь против определенного ее участка, в состав которого входят так называемые антигенные детерминанты. Антиген может иметь несколько детерминант, и каждая из них способна стимулировать появление антител, направленных только против этой детерминанты.

На практике очень трудно получить антителы с одной детерминантой, поэтому в подавляющем большинстве случаев в ответ на введение одного антигена синтезируется не одно, а несколько и даже множество антител, каждое из которых специфично по отношению к какой-либо одной антигенной детерминанте. Все антитела вырабатываются так

называемыми плазматическими клетками, каждая из которых способна создавать антитела против одной антигенной детерминанты.

При проведении исследований часто необходимо получать высокоспецифические антитела: изучая с их помощью отдельные антигенные детерминанты бактерий, вирусов или белковых молекул, можно многое узнать о механизмах эволюции микроорганизмов. Кроме того, возможно, с их помощью удастся более эффективно проводить терапию злокачественных опухолей путем нейтрализации антигенных детерминант злокачественных клеток.

До недавнего времени получать в большом количестве высокоспецифические антитела было очень сложно. В 1976 г. Г. Келер и Ц. Мильштейн (ФРГ) предложили использовать для этой цели клоны гибридных клеток миеломы<sup>1</sup> и селезенки иммунизированных мышей<sup>2</sup>. В результате слияния получили культуру гибридных клеток (гибридомы), вырабатывающие антитела к тем антигенам, которые были использованы для иммунизации. Метод основан на том, что нормальные плазматические клетки сохраняют способность вырабатывать антитела после слияния с культивируемыми клетками миеломы. В результате возникает новая популяция клеток с введенной в нее способностью производить специфические антитела. При этом родительские клетки миеломы передают гибридным клеткам способность к неограниченному росту. Если теперь эти клетки подвергнуть клонированию (т. е. выделить какую-нибудь одну клетку и получить от нее «потомство», клон), то из такого клона можно получить моноспецифические антитела.

<sup>1</sup> Миеломами называют опухоли, возникающие из плазматических клеток, вырабатывающих антитела.

<sup>2</sup> Köhler G., Milstein C. "Europ. J. Immunol.", 1976, v. 6, p. 511—519.

Таким способом удалось в достаточно больших количествах получать антитела к различным антигенным детерминантам.

В настоящее время гибридомы, вырабатывающие антитела, все шире применяются в вирусологических исследованиях<sup>3</sup>. Так, с их помощью найдены чрезвычайно слабо выраженные антигенные различия между вариантами одних и тех же штаммов вирусов. Такие исследования успешно проведены со штаммами вирусов гриппа и бешенства. В частности, удалось установить, что вырабатываемые гибридомами антитела способны полностью защитить от заболевания и гибели мышей, зараженных вирусом бешенства.

Гибридомы были успешно применены для лечения лейкемии (опыты проводились на мышах)<sup>4</sup>. Важно подчеркнуть, что у этих животных одновременно подавлялось появление метастазов.

Все это позволяет надеяться, что моноклональные антитела можно будет использовать для диагностики и терапии опухолей человека.

**Г. Д. Кобринский,**  
доктор медицинских наук  
Москва

#### Иммунология

### Новые стимуляторы иммунного ответа

Успехи борьбы с инфекционными заболеваниями во многом определяются иммунной реакцией организма, возникающей в ответ на появление в нем болезнетворных микробов, вирусов и прочих антигенов. Сила иммунного ответа,

главными элементами которого являются Т- и В-лимфоциты и макрофаги, зависит от присутствия в лимфоцитах гена иммунного ответа Ig, специфичного к определенному антигену. Действие этого гена выражается в повышении активности Т-лимфоцитов и их взаимодействия с В-лимфоцитами, а также способность Т- и В-клеток к расселению по всему организму. Если Ig-ген, специфичный к какому-нибудь антигену, отсутствует, то не возникает иммунного ответа при введении этого антигена в организм. Поэтому в течение многих лет ведутся поиски способов усиления слабых иммунных реакций.

Недавно Р. В. Петров с сотрудниками (кафедра иммунологии Второго медицинского института) обнаружили, что синтетические полиэлектролиты поливинил-пиридина; поли-4-винилпиридин (молекулярный вес 100 000 Дальтон), поли-2-метил - 5 - винилпиридин (50 000 Дальтон) и полиакриловая кислота (80 000 Дальтон) являются мощными стимуляторами иммунного ответа: эти соединения усиливают расселение Т- и В-лимфоцитов в организме. Применение первых двух стимуляторов в пять раз повышает выход антител, а полиакриловая кислота — в 10—15 раз.

Дальнейшие исследования показали, что эти соединения как бы выполняют некоторые функции Т-лимфоцитов. Такое свойство может оказаться чрезвычайно важным при необходимости вызвать иммунный ответ на введение антигена, на который он не вырабатывается из-за отсутствия Ig-гена.

«Успехи современной биологии», 1979, т. 88, вып. 3(6), с. 307—321.

#### Психология

### Человек чувствует момент инерции предмета

Специалисты по инженерной психологии Дж. Крейфельд и М. Чанг (Университет

Тафтса, штат - Массачусетс, США) исследовали особый вид тактильной чувствительности — ощущение момента инерции. Момент инерции есть мера инерциального сопротивления предмета по отношению к вращению; так же как масса предмета есть мера инерциального сопротивления прямолинейному движению (с ускорением). Момент инерции, как известно, зависит от квадрата расстояния между центром тяжести и осью вращения  $I = ml^2$ . Два предмета, идентичные по массе и расположению центра тяжести, могут иметь разные моменты инерции в зависимости от того, как распределена масса по объему предмета. Однако в языке не существует слов для обозначения ощущений, связанных с моментом инерции, и воспринимаемые различия по этому параметру обычно интерпретируются как различия в весе или — реже — в равновесии тела. Тем не менее, как было показано в эксперименте, эти различия ощущаются.

Экспериментаторы дали испытуемым два рода объектов: объекты типа А имели форму станка безопасной бритвы, а типа В — теннисной ракетки. Внутри каждого объекта помещалось два груза, которые можно было располагать на разных расстояниях, меняя таким образом момент инерции. Объект со средним моментом служил эталоном. Сравнивая исследуемый объект с эталоном, испытуемый должен был определить, какой из них более «неустойчив». Ответы обнаружили очень высокую корреляцию с объективными изменениями момента инерции. Эта связь стала предметом дальнейшего исследования.

Классическим показателем различной чувствительности в психифизике является отношение Вебера — прирост физического параметра, который вызывает ощущение изменения в 50% случаев. Так, для чувства тяжести это отношение колеблется в пределах 1/30—1/50, т. е. прирост массы предмета на 1/30—1/50 ощущается

<sup>3</sup> Новохатский А. С. «Вопр. вирусологии», 1979, № 6, с. 579—585.

<sup>4</sup> Ballon B. et al. «Science», 1979, v. 206, № 4420, p. 844—847; Bernstein I. D. et al. «Science», 1980, v. 207, № 4426, p. 68—71.

испытуемыми в половине проб. В данной работе авторы, сравнивая объективные изменения момента инерции с отчетами испытуемых, получили отношение Вебера  $1/3 - 1/5$ , т. е. чувствительность к этой характеристике приблизительно в 10 раз меньше чувствительности к весу. Конкретно такое соотношение означает, например, что незаточенный карандаш длиной 21,5 см в половине случаев будет казаться «тяжелее» карандаша того же веса длиной 19 см.

Таким образом, обнаружен новый вид чувствительности, который является одним из факторов «чувства предмета». Его количественная оценка приобретает особую важность для дизайнеров, разрабатывающих новые модели удерживаемых в руке инструментов. Чтобы эти инструменты были удобными, следует учитывать не только вес и расположение центра тяжести, но и момент инерции. Отсутствие в языке понятий для обозначения этого чувства свидетельствует, по мнению авторов, не о малой его значимости, а является следствием того, что в повседневном опыте угловые ускорения встречаются реже, чем линейные (исключение — спорт). Интересно, что женщины, по-видимому имеющие меньший опыт обращения с угловыми ускорениями, обладают меньшей чувствительностью к моменту инерции.

«Science», 1979, v. 206, p. 588 (США).

Молекулярная биология

**Топоизомеразы — новый класс ферментов, меняющих топологию молекул ДНК**

Молекулы ДНК низших организмов, а также цитоплазматическая (митохондриальная) ДНК высших организмов и большинства вирусов функционируют, находясь в кольцевом замк-

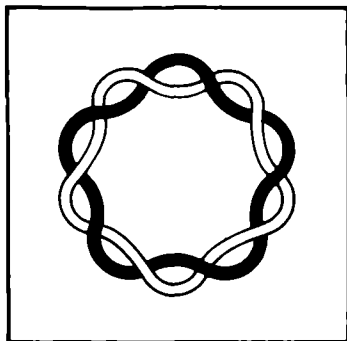


Рис. 1.

Схематическое изображение кольцевой замкнутой ДНК, состоящей из двух зацепленных замкнутых полинуклеотидных цепей.

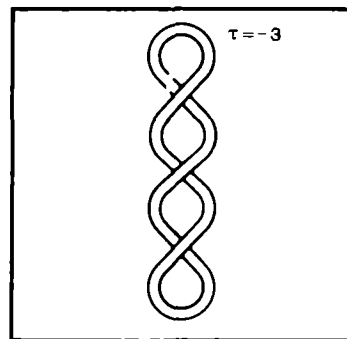


Рис. 2.

Вид суперскрученной (суперспиральной) кольцевой замкнутой ДНК.

нутом состоянии. Это означает, что каждая из комплементарных нитей ДНК замкнута в кольцо. Поскольку эти нити образуют двойную спираль, в которой на один оборот приходится по  $\gamma \approx 10$  пар оснований, две замкнутые нити оказываются зацепленными (рис. 1), причем они образуют зацепление очень высокого порядка (приблизительно  $N/\gamma$ , где  $N$  — число пар оснований в ДНК). Порядок зацепления ( $Lk$ ) является для данной кольцевой замкнутой ДНК топологическим инвариантом: он не может изменяться без разрыва сахарофосфатного остова хотя бы одной из комплементарных нитей.

Уже давно было обнаружено, что выделенные из клеток и вирусных частиц кольцевые

замкнутые ДНК обладают тем свойством, что для них всегда величина  $Lk$  меньше, чем  $N/\gamma$ . Так, для ДНК опухолеродного вируса SV 40 число супервитков  $\tau = Lk - N/\gamma \approx -30$ . Такие ДНК были названы суперскрученными или суперспиральными (рис. 2). Существование ДНК в таком суперспирализованном состоянии необходимо для ее нормального функционирования в клетке: репликация ДНК не начинается, если в ней есть хотя бы один разрыв сахарофосфатной цепи; более того, репликация не начинается, если молекула является кольцевой замкнутой, но находится в релаксированном состоянии, т. е. у нее  $\tau = 0$ .

Разрыв сахарофосфатной цепи и ее воссоединение, т. е. релаксацию кольцевой замкнутой ДНК, можно осуществлять комбинацией давно известных ферментов — эндонуклеаз и лигаз. Однако оказалось, что в клетке существуют специальные ферменты, объединяющие обе эти функции (разрыв и воссоединение сахарофосфатной цепи) и благодаря этому способные изменять величину  $\tau$  у кольцевой замкнутой ДНК. Были выделены разные ферменты такого рода, и за ними закрепилось общее название — топоизомеразы. Происхождение названия ясно: ведь кольцевые замкнутые ДНК, отличающиеся только величиной  $\tau$ , называют топологическими изомерами.

Первоначально были открыты топоизомеразы, способные релаксировать суперспиральные кольцевые замкнутые ДНК путем разрыва и воссоединения одной из нитей. До самого последнего времени считалось, что только так и могут работать топоизомеразы. Однако четыре группы исследователей: Л. Р. Лиу, Ч.-Ч. Лиу и Б. М. Албертс (Калифорнийский университет, США)<sup>1</sup>, К. Н. Краузер и Н. Р. Козарелли (Чикагский университет, США)<sup>2</sup>, М. И. Валди, П. Бенедетти,

<sup>1</sup> «J. Cell Biol.», 1980, v. 19, p. 697.

<sup>2</sup> Ibidem, v. 20, p. 245.

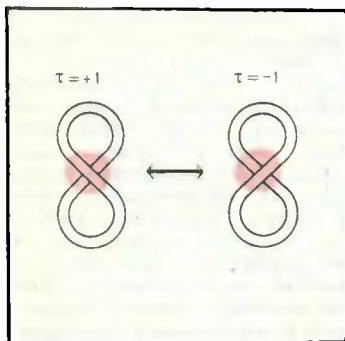


Рис. 3.  
Топоизомераза II (закрашена) катализирует процесс прохождения двух отрезков двойной спирали друг сквозь друга. При этом она меняет число супервитков  $\tau$  на величину  $\pm 2$ .

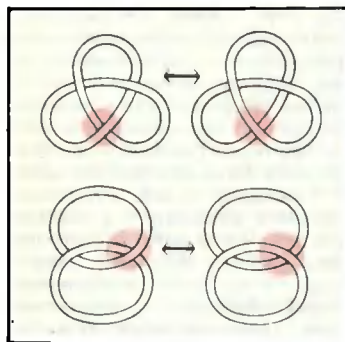


Рис. 4.  
Топоизомераза II завязывает и развязывает узлы (вверху), а также образует и разрушает катенаны (внизу). Вверху, слева — заузленная молекула, справа — незаузленная. Внизу, слева — зацепленная пара молекул (катенан), справа — незацепленная.

Э. Маточиа и Г. П. Точини-Валентини (Римский университет, Италия)<sup>3</sup> и К. Мизуучи, Л. М. Фишер, М. Х. Одея и М. Геллерт (Национальный институт здравоохранения, США)<sup>4</sup> показали, что существует еще один тип топоизомераз (названный топоизомеразой типа II). Они способны как релаксировать суперспиральную ДНК, так и, наоборот, суперспирализовать

релаксированную ДНК путем разрыва двойной спирали, «протаскивания» через образовавшуюся щель отрезка ДНК и «защелкивания» разрыва (рис. 3).

Как же удалось доказать столь удивительный механизм действия топоизомераз типа II? Прежде всего, было обнаружено, что, в отличие от топоизомераз типа I, способных менять величину  $\tau$  на любое целое число, топоизомеразы типа II способны изменять число супервитков только на четное число. Именно это должно иметь место, если справедлив предложенный механизм (см. рис. 3). Но самое убедительное доказательство того, что топоизомеразы типа II катализируют прохождение отрезков ДНК друг сквозь друга, состоит в том, что эти ферменты оказались способными завязывать и развязывать узлы из кольцевой замкнутой ДНК, а также образовывать и разрушать катенаны (зацепленные молекулы, рис. 4).

Топоизомеразы типа II, по-видимому, широко распространены в природе. Наиболее изученным ферментом этого класса является ДНК-гираза из *E. coli* — первый фермент, обладающий способностью создавать в присутствии АТФ отрицательную суперспирализацию в кольцевой замкнутой ДНК. Весьма неожиданным было выделение фаг-специфической топоизомеразы типа II из клеток *E. coli*, зараженных фагом T4, поскольку ДНК этого фага не бывает в кольцевой замкнутой форме. И, наконец, такой фермент обнаружен у лягушки.

М. Д. Франк-Каменецкий,

доктор физико-математических наук  
Москва

растений от насекомых. С помощью ловушек с синтетическими феромонами производится массовый сбор и уничтожение вредителей. Однако для разработки методов химического синтеза феромонов необходимы данные о их химическом составе и строении.

Недавно была установлена структура полового феромона самки огородной совки. Это насекомое повреждает около 40 культурных растений, преимущественно овощных, технических, декоративных; оно широко распространено в Европе, Сибири, Средней Азии. Расшифровка молекулярного строения феромона огородной совки была осуществлена независимо двумя группами исследователей: во главе с Ш. Декузном (Лаборатория химии медиаторов, Сан-Реми, Швейцария) и под руководством А. Н. Коста и Б. Г. Ковалева (химический факультет МГУ и ВНИИ биологических методов защиты растений ВАСХНИЛ, Кишинев). Использовался комплекс экстракционных, хроматографических, масс-спектрометрических методов анализа и ольфактометрии, регистрирующей эффективность действия химических веществ на органы обоняния насекомых. Биологически активные вещества из желез на кончике брюшек самок огородной совки экстрагировались органическим растворителем, а затем на газожидкостном хроматографе полученный экстракт разделялся на фракции. Ольфактометрический контроль силы воздействия полученных фракций на хеморецепторы совки показал, что две из них наиболее эффективны. Однако самой сильной была реакция самцов на смесь этих активных фракций. Таким образом, было установлено, что феромон огородной совки является двухкомпонентной смесью. Поскольку масс-спектры биологически активных компонентов совпали со спектрами синтетического спирта цис-11-гексадецен-1-ола и его ацетата, предположили, что именно эти два вещества содержатся в феромоне огородной совки.

#### Биохимия

### Химический состав феромона огородной совки

Феромоны, регулирующие и стимулирующие половое поведение насекомых, широко применяются как средство биологической защиты

<sup>3</sup> Ibidem, p. 461.

<sup>4</sup> "Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.", 1980, v. 77, No 4, p. 1847.

Анализ экстракта, полученного при обработке брюшек самок, показал, что спирт и ацетат находятся в нем в соотношении 1:6, но при лабораторном испытании смесей различного количественного состава оказалось, что наиболее привлекательна для самцов огородной совки смесь с соотношением компонентов 1:1.

«Доклады АН СССР», 1979, т. 249, № 2, с. 370; «Comptes rendus des séances de la Société de biologie», 1979, v. D286, № 1, p. 77 (Франция).

Биохимия

Новые фунгициды<sup>1</sup>

Заражение растений грибковой инфекцией в большинстве случаев связано с проникновением паразита через кутикулу, покрывающую наружную поверхность надземных органов. Кутикула при этом разрушается выделяемым грибами ферментом — кутиназой. Поэтому один из возможных путей борьбы с грибковой инфекцией может состоять в подавлении активности кутиназы. Первые эксперименты в этом направлении недавно провели И. Б. Маити и П. Е. Коллатукуди (Вашингтонский университет, США). Они изучали, как действуют новые фунгициды — диизопропилфлуорофосфат (химический ингибитор активности кутиназы) и антитела против кутиназы (которые получали после введения в организм кролика кутиназы, выделенной с поверхности зараженных грибом растений) на заражение гороха фузариумом (*Fusarium solani f. pisi*).

Эксперименты проводили на отрезках лобегов горо-

ха, которые помещали в чашки Петри и заражали фузариумом. В чашки добавляли растворы с антителами или диизопропилфлуорофосфатом. После инкубации в темноте при 22°C в течение 72 ч определяли зараженность срезов. На поверхности срезов появлялись темные пятна.

Авторы обнаружили, что раствор с антителами против кутиназы в концентрации 3,5 мг/мл полностью предотвращал проникновение фузариума через кутикулу и тем самым исключал возможность заражения растений грибковой инфекцией. Диизопропилфлуорофосфат в концентрациях 0,01—1,0 мМ также предотвращал инфицирование. Как было установлено дополнительными исследованиями, подавление инфекции диизопропилфлуорофосфатом обусловлено общей токсичностью этого вещества, действие же антител избирательно ингибирует активность кутиназы.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработки и применения новых фунгицидов, действие которых может быть избирательно направлено на ферменты.

«Science», 1979, v. 205, № 4405, p. 507 (США).

Цитология

Цитологический механизм симбиоза бактерий и рыбы

Известно, что у многих глубоководных океанических рыб имеются специальные светящиеся органы, которые служат для внутривидовых взаимоотношений, привлечения жертвы или отпугивания хищников. Большинство таких рыб продуцирует свет, используя энергию химических реакций. Однако есть рыбы; умеющие «добывать» свет совершенно иным способом: создавая благоприятные условия для обитания



Светящиеся органы расположены у японского шшечника под нижней челюстью. Их свечение происходит в результате метаболического взаимодействия эпителиальных клеток светящихся органов с живущими в них флуоресцирующими бактериями.

в своих светящихся органах фосфоресцирующих бактерий. Тонкие механизмы такого симбиоза различны у представителей разных семейств рыб и пока мало изучены.

Группе американских ихтиологов, возглавляемых В. М. Тибо (Калифорнийский институт океанографии) удалось электротномикроскопическими методами выявить цитологические механизмы взаимодействия флуоресцирующих бактерий с эпителиальными клетками светящихся органов у японского шшечника (*Monocentris japonicus*). Свое название он получил благодаря своеобразному панцирю, сложенному очень крупными чешуями с колючками, что придает рыбе сходство с шишкой сосны или кедра. Светящиеся органы этих рыб излучают темно-красный свет; расположены они под нижней челюстью в виде двух сходных по структуре овальных тел, пронизанных многочисленными полыми трубочками, в которых и живут флуоресцирующие бактерии.

Оказалось, что эпителиальные клетки, выстилающие трубочки изнутри, содержат большое количество мембран

<sup>1</sup> Фунгициды (от лат. *fungus* — гриб и *caedo* — убиваю) — химические вещества, способные полностью или частично подавлять развитие грибов — возбудителей болезней растений; одна из групп пестицидов.

эндоплазматического ретикулума, митохондрий и вакуолей, что свидетельствует о их высокой секреторной способности. Вакуоли заполнены мелкими гранулами и по своей структуре напоминают секреторные гранулы, содержащие глюкозиды. Такие же мелкие гранулы можно видеть и непосредственно в полостях трубочек вокруг скопившихся здесь бактерий. Бактерии не только тесно соприкасаются с поверхностью секреторирующих клеток, но и могут проникать в их цитоплазму.

Вырастая в культуре выделенные из японского шишечника флюоресцирующие бактерии, исследователи установили, что они относятся к виду *Photobacterium fischeri*, встречающемуся в морской воде и как свободноживущая форма. Эти бактерии хорошо растут только на питательных средах, содержащих глюкозу, выделяя при этом пирувиноградную кислоту (пируват) — продукт ее анаэробного расщепления. Максимальное свечение бактерий наблюдалось лишь в условиях минимального содержания кислорода в атмосфере. В отличие от свободноживущей, симбиотная форма *P. fischeri* обладает более низкой способностью к делению и не имеет характерного жгутика, необходимого для свободного передвижения.

Исследователи пришли к выводу, что симбиоз *P. fischeri* и японского шишечника основан на метаболическом взаимодействии бактерий с эпителиальными клетками светящегося органа рыбы. Клетки вырабатывают необходимые для бактерий питательные вещества (глюкозу), а в окислительном цикле используют выделяемый ими пируват. При высоком содержании пирувата в клетках эпителия и интенсивном окислительном цикле выход кислорода в просвет трубочек прекращается, так как он используется для внутриклеточных процессов. В анаэробных условиях прекращается деление, но усиливается яркость свечения бактерий.

Возможно, интенсив-

ность флюоресценции японского шишечника регулируют и клетки наружной оболочки светящегося органа, увеличивая или уменьшая число плотных, не пропускающих свет, пигментных гранул в своей цитоплазме. Однако цитологические механизмы этого процесса пока не ясны. «Biosystems», 1979, v. 11, p. 269—280 (США).

#### Зоология

### Энергетика плавания дельфина

Детальные наблюдения с вертолета, проведенные Д. Ау и Д. Вейсом (Юго-западный центр рыболовства и рыбодовства при Национальном управлении по изучению океана и атмосферы США), показали, что дельфины используют не менее трех различных «стилей» плавания.

В спокойной обстановке, когда им ничто не угрожает, они обычно плывут медленно на глубине, лишь на короткое время появляясь на поверхности и изредка показывая свое дыхало. При несколько более быстрой («крейсерской») скорости в 3,0—3,5 м/с дельфины передвигаются главным образом под самой поверхностью воды (где давление невелико), редко ее всплескивая. Лишь иногда этим способом они развивают скорость до 4,6 м/с. Встревоженные (например, преследующим судном), они полностью изменяют стиль плавания: последовательно, раз за разом дельфины выпрыгивают из воды, совершая полет по параболе, затем сменяющийся стремительным плаванием под самой поверхностью; эти прыжки сопровождаются бурными всплесками и разбрасыванием большого количества воды, что, казалось бы, должно приводить к непроизводительному расходу энергии. Однако вычисления показали, что существует некая переходная скорость (зави-

саящая от объема тела животного), после которой перемежающийся полет в энергетическом смысле уже выгоднее, чем простое плавание. Для дельфина с объемом тела около 0,1 м<sup>3</sup> такой переходной скоростью является 5,5 м/с, с объемом 1 м<sup>3</sup> (соответствующим массе 1025 кг) — 8 м/с.

При наблюдении за поведением трех видов дельфинов (*Stenella longirostris*, *Stenella attenuata*, *Delphinus delphis*), проводившихся с научно-исследовательского судна в тропических водах восточной части Тихого океана, было подтверждено, что после сближения судна со стадом дельфинов до 500 м животные меняют характер поведения и стиль плавания. Средняя скорость их в такие моменты, как правило, составляла около 5 м/с; высота выпрыгивания (считая по вертикальному перемещению центра тяжести тела) — от 0,6 до 1,0 м; длина полета над водой обычно составляла три длины тела дельфина, что для обоих видов *Stenella* ≈ 5,4 м. Временами скорость дельфинов достигала 7,3 м/с (что хотя и несколько ниже расчетной, все же является очень большой). Более точные и длительные измерения оказались невозможными, так как упорно преследуемые дельфины избегали большего сближения, исчисляли с траверза судна, начинали ходить по кривой, зигзагом.

Исследователи различают прыжки, совершаемые дельфинами с целью развить большую скорость, и прыжки, также сопровождающиеся всплеском, но имеющие иное назначение. Они полагают, например, что подобное поведение в спокойной обстановке является «самодемонстрацией» другим особям своего вида и служит средством коммуникации.

Более крупные китообразные, объем тела которых существенно превышает 1 м<sup>3</sup>, вероятно, не в состоянии совершать прыжки при быстром плавании, так как необходимая для этого энергия с увели-

чением размеров резко возрастает. Что касается рыб, то для энергетики их плавание эффект близости к поверхности пренебрежимо мал, а для дыхания им просто нет нужды подниматься над поверхностью воды.

«Nature», 1980, № 5756, p. 548—550 (Великобритания).

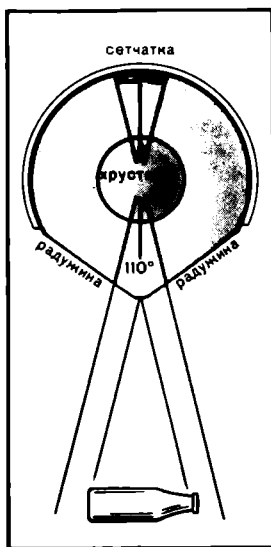
Зоология

**Рыба с двойным зрением**

Американские зоологи Дж. Стивенс и К. Парсонс провели на Галапагосских о-вах (в Международном исследовательском центре им. Ч. Дарвина) специальные исследования, чтобы выяснить, как устроен глаз галапагосской диаломы (*Dialommus fuscus*) — одной из интереснейших рыб скалистого тихоокеанского и атлантического побережий Америки, способной некоторое время находиться вне воды и хорошо ориентироваться в воздушной среде.

Эти подвижные и вертикальные рыбки длиной в 10 см населяют скальные выходы, обнажающиеся во время отлива. Они прыгают по скалам и прячутся в углублениях, заполненных водой. Когда они лежат, выставив голову наружу, верхняя часть каждого глаза следит за пространством над поверхностью воды, а нижняя наблюдает за тем, что происходит под водой.

Чтобы понять, как глаз диаломы формирует изображение в воздушной и водной средах, исследователи, рассчитав длину фокусного расстояния хрусталика, помещали выделенный хрусталик в раствор с известным коэффициентом преломления и поочередно пропускали через этот раствор и через хрусталик лучи гелий-неонового лазера. Расстояние от центра хрусталика до места схождения лучей лазера (фокусное расстояние хрусталика) фиксировали на фотопленку. Исследуя внутреннее строение глаза, они целиком его замораживали, а затем делали 40-микронные сре-



Горизонтальный срез глаза галапагосской диаломы. В воздушной среде формируется раздвоенное изображение объекта.

зы. Каждый срез фотографировали и с помощью ЭВМ восстанавливали структуру органа в целом. Оказалось, что радушия оболочка имеет не овальную, как у других рыб, а коническую форму, так что в разрезе (см. рис.) она имеет вид двух линий, расположенных под углом 110° друг к другу.

На основании этих данных специалисты рассчитали, что в воде глаз такой структуры должен формировать хорошее одинарное изображение предмета, тем более, что коэффициенты преломления глазной жидкости диаломы и морской воды близки по величине. Если из воды выставлена только верхняя половина глаза — формируется нормальное изображение предметов, находящихся и в воде, и над ее поверхностью. Если же голова диаломы полностью находится над водой и глаза устремлены прямо на объект (линия фокуса проходит через центр хрусталика) — изображение будет двойным, так как коэффициенты преломления глазной жидкости и воздуха неодинако-

вы. Такое раздвоенное восприятие мира на суше — своеобразная «плата» галапагосской диаломы за адаптацию зрения одновременно и к водной и к воздушной среде.

«Natural History», 1979, v. 89, № 1, p. 62—66 (США).

Зоология

**Гигантский кальмар**

2 февраля 1980 г. сотрудники заповедника Паркер-Ривер на о-ве Плам, расположенном у побережья США в районе штата Массачусетс обнаружили рядом с кромкой воды тело гигантского кальмара, принадлежащего к редко встречающемуся виду *Architeutis dux*. Животное было доставлено в Новоанглийский аквариум в Бостоне и обследовано специалистами из Музея сравнительной зоологии при Гарвардском университете и Национального музея естественной истории при Смитсоновском институте.

Это была самка, весившая 195 кг. Хотя к моменту обследования кончики щупальцев отсутствовали, длина одного из них равнялась полутора метрам; мантия имела 1,98 м в поперечнике; общий размер тела в вытянутом состоянии достигал 9,1 м. Причина смерти осталась неустановленной.

На всем земном шаре в распоряжении ученых имеется лишь около 100 образцов этого гигантского головоногого моллюска. Большинство из них найдено у берегов Норвегии и Ньюфаундленда, затем — в водах, омывающих Курильские и Алеутские о-ва, о-в Хонсю и Новую Зеландию; у побережья США такой кальмар встречен в четвертый раз, во второй — у штата Массачусетс. Вид до сих пор остается слабоизученным.

Законсервированное в формалине, тело этого гигантского кальмара ныне экспонируется в Музее сравнительной зоологии (Кембридж, штат Массачусетс).

«Smithsonian Institution Scientific Event Alert Network Bulletin», 1980, v. 5, № 2, p. 11 (США).

## Геология

## Структура континентальной окраины Востока СССР

Геологический институт АН СССР и Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВНЦ АН СССР составили и опубликовали тектоническую карту<sup>1</sup>, в которой нашло отражение определившееся за последние годы в советской геотектонике новое направление. Оно заключается в понимании сущности геосинклинального процесса как процесса преобразования океанической земной коры в континентальную.

Составленная на трех больших листах карта отображает последовательность формирования континентальной коры в пределах северо-западной окраины Тихого океана. На ней показаны области с разновозрастной континентальной корой (дорифеской, позднепалеозойской, средне- и позднемеловой), а также области, где континентальная кора формируется в настоящее время (кайнозойские складчатые системы, краевые моря и островные дуги). В областях с формирующейся корой тектоническое районирование земной поверхности произведено по времени становления гранитнометаморфических слоев.

Помимо областей создания континентальной коры на карте показаны также зоны разрушения материковых блоков с образованием вторичной океанической коры. Сравнительно крупный масштаб карты позволил отразить на ней многие детали строения отдельных зон.

Карта представляет интерес для широкого круга геологов, геофизиков, геохимиков, геоморфологов и специалистов смежного профиля. Она может служить основой для металлогенических построений и использоваться

в качестве учебного пособия для высших учебных заведений.

Пояснительным текстом к карте служит коллективная монография «Тектоника континентальных окраин Северо-Запада Тихого океана»<sup>2</sup>.

Член-корреспондент  
АН СССР  
Ю. М. Пуцаровский

<sup>2</sup> Тектоника континентальных окраин Северо-Запада Тихого океана. М., 1980.

## Геология

## Новые карты Монголии

Итогом многолетних работ Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции являются карты геологического профиля, составленные для территории Монгольской Народной Республики<sup>1</sup>.

На тектонической карте выделены три главных класса структур земной коры: геосинклинальный, орогенный и новейшей активизации. В свою очередь, в геосинклинальном классе намечены частные тектонические комплексы — от наиболее древних, протерозойских, до наиболее молодых, верхнепалеозойских. В орогенном классе установлены среднепалеозойские и верхнепалеозойские вулканогенно-молаассовые<sup>2</sup> и верхнемолаассовые комплексы. Структуры новейшей активизации

неоген-четвертичного возраста разделяются на грабены и плато, сложенные кайнозойскими базальтами. На карте с большой полнотой раскрыты различные по возрасту и составу магматические породы, связанные с тектоническими структурами. Для многих из них приведены абсолютные значения возраста. Территория Монголии испещрена сетью различного типа разрывов и разломов — на карте они получили глубокую проработку. В районах распространения платформенного чехла показана глубина залегания палеозойского и более древнего основания. Объяснительной запиской к карте служит коллективная монография, подготовленная советскими и монгольскими специалистами<sup>3</sup>.

На карте мезозойской и кайнозойской тектоники выделены структуры мезозойской активизации, ревизации (оживления) платформенного чехла и кайнозойской послеплатформенной активизации. Раскрыт состав осадочных и магматических формаций. Мезозойская и кайнозойская тектонические структуры также отличаются огромным количеством и разнообразием разрывных нарушений; показано генеральное направление этих структур, отражены мезозойские и кайнозойские вулканические образования.

Геологическая карта Монгольского Алтая охватывает горные районы запада республики. Она детально расшифровывает геологическое строение одного из сложнейших складчатых сооружений Азии. Состав выделенных геологических тел передан на карте специальными литолого-петрографическими и литолого-генетическими обозначениями.

Все три карты существенно дополняют друг друга

<sup>1</sup> Тектоническая карта Монгольской Народной Республики. Масштаб 1:1 500 000. Гл. ред. А. Л. Яншин. М., 1978; Геологическая карта Монгольского Алтая. Масштаб 1:1 500 000. Ред. Н. С. Зайцев. М., 1978; Карта мезозойской и кайнозойской тектоники Монгольской Народной Республики. Масштаб 1:1 500 000. М., 1979.

<sup>2</sup> Молаассовые породы — грубообломочные образования.

<sup>3</sup> Тектоника Монгольской Народной Республики. — «Труды Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции». М., 1974, вып. 9.

<sup>1</sup> Тектоническая карта Востока СССР и сопредельных областей. Масштаб 1:2 500 000. 1979 г.



и с большой полнотой раскрывают особенности геологического строения территории МНР. Бесспорна их важная роль в изучении минерально-сырьевой базы страны.

**А. Е. Шлезингер,**  
доктор геолого-минералогических наук  
Москва

граничный слой захваченного вращением конуса воздуха и характер мелкомасштабной циркуляции внутри него.

«Science News», 1979, v. 116, № 7, p. 124 (США).



Геофизика



Геохимия

### Медь в почвах виноградников

Для борьбы с болезнями винограда в Молдавии на протяжении многих лет применяют ядохимикаты, содержащие медь — преимущественно 1—5-процентный раствор медного купороса в смеси с известковым молоком (бордоская жидкость). По самым грубым подсчетам, ежегодно на площадь виноградников вносится 6—8 тыс. т меди (в пересчете на металлическую). Попадая в почву, она включается в процессы, протекающие в данном ландшафте.

Чтобы выявить масштабы загрязнения и характер распределения принесенной меди в ландшафтах Молдавии, А. И. Перельман, Н. Ф. Мырлян и Н. К. Бургия (Институт геофизики и геологии АН Молдавской ССР) провели специальные геохимические исследования. Работы велись в местности, где виноградники, расположенные в ее вершинной, водораздельной, части, уже в течение 70 лет обрабатываются ядохимикатами, содержащими медь.

В почве участков, находящихся ниже виноградников, концентрация меди почти в 3 раза выше, чем в почвах вершинной поверхности. Распределение меди в почве по глубине на вершинной поверхности и склонах характеризуется двумя максимумами: первый связан с прямым попаданием бордоской жидкости на поверхность почвы и имеет наибольшую величину — 0,025%; второй отмечается на глубине, соответствующей

границе распространения в почве карбонатов — солей угольной кислоты. Здесь воды, транспортирующие медь, попадают в щелочную среду, в которой медь резко снижает подвижность и осаждается. Поэтому даже под старым виноградником почвенные горизонты, расположенные ниже границы распространения карбонатов, содержат медь в количествах, лишь незначительно превышающих фон — 0,003—0,006%.

На пониженном луговом участке, куда происходит снос материала со склонов, распределение меди в почве еще более неравномерно. Здесь максимальные ее концентрации (до 0,12%) наблюдаются в более рыхлых — супесчаных и песчаных слоях. В них же обнаружены новообразования в виде рыхлых корочек бледно-зеленого цвета. Это вещество состоит из двух минералов: прозрачного бесцветного гипса и зеленого малахита. Источники их — бордоская жидкость, причем гипс образуется еще при ее приготовлении, а малахит — в результате реакций в почвенном растворе.

В процессе перераспределения в ландшафте медь переходит в менее растворимые формы, что снижает ее геохимическую активность. Тем не менее на участках, геохимически связанных с виноградниками, предел допустимой концентрации меди в почвах оказывается превышенным, что вызывает заболевания растений и животных; снижает их продуктивность.

«Доклады АН СССР», 1980, т. 251, № 3, с. 696—698.

Минералогия

### Глубинные минералы Земли

По своему внутреннему строению и вещественному составу минералы земной коры и мантии заметно различаются. Как показал рентге-

### Искусственный смерч

Группа сотрудников Университета им. Пардью (штат Индиана, США) сконструировала установку, на которой можно моделировать смерчи (торнадо). Она представляет собой цилиндрическую камеру высотой 7 м и диаметром 4 м. Со стороны дна сквозь вращающийся экран, расположенный над отверстием с изменяющимся диаметром, в камеру вдувается воздух. Благодаря такой конструкции создается сопротивление горизонтальному течению воздуха, вращение воздуха по окружности большого диаметра и быстрый его подъем, т. е. условия, аналогичные тем, которые приводят к возникновению смерчей в естественной обстановке равнин и прерий Среднего Запада США.

Искусственный смерч в камере достигает 145 см в высоту при скорости до 20 м/с. В безопасной обстановке исследователи получили возможность изучать поведение смерча от начальных его фаз до образования воронок, в том числе и нескольких, что в естественных условиях приводит к наиболее разрушительным последствиям.

Построенный аппарат — крупнейший среди подобных ему аппаратов в США. В серии проведенных экспериментов удалось воссоздать обстановку многих реальных смерчей. Установлено, что максимальной скорости в смерче достигают те массы воздуха, которые находятся в приземном слое атмосферы. В последующих экспериментах будет изучаться по-

ноструктурный анализ наиболее распространенных минералов — силикатов (составляющих вместе с кремнеземом около 90% литосферы), способы укладки в их кристаллических структурах кремнекислородных тетраэдров чрезвычайно разнообразны. Правда, это относится лишь к минералам, залегающим на сравнительно небольших глубинах. С увеличением глубины межatóмные расстояния Si—O в основных строительных «кирпичах» силикатов — тетраэдрах [SiO<sub>4</sub>] под действием все усиливающихся внешних давлений постепенно сокращаются. Достижение «критической» длины связи Si—O, равной 1,59 Å, сопровождается изменением тетраэдрической координации на октаэдрическую. Этими структурными изменениями и связанным с ними перераспределением химических элементов и можно объяснить различие между минералами коры и мантии.

Число прямых данных о составе глубинных областей Земли весьма ограничено — они все еще недоступны исследователям. Особое место среди непосредственно изученных геобарометров и геотермометров занимает минеральный агрегат из кимберлитовой трубки Лесото (Южная Африка) — этот образец рассматривается как представитель мантийных пород, залегающих на глубине около 250 км. Минералы, содержащиеся в нем (оливин, пироксены, гранат), — главные составные части (в отношении 4:2:1) пиролита — породы, которая по мнению большинства исследователей, составляет основу верхней мантии.

Проведенные геофизические и геохимические эксперименты показали, что при давлениях свыше 150—200 кбар (это соответствует глубине ~ 650 км) продукты преобразо-

вания большинства минералов, устойчивых в верхней мантии, относятся к двум структурным типам: перовскита и магнезиовюстита. Перовскитоподобные фазы с формулой (Mg, Fe, Al) · (Si, Al)O<sub>3</sub>, составляющие около 70% глубинной мантийной зоны, содержат кремний в октаэдрической координации. На магнезиовюстит (Mg, Fe)O, имеющий хорошо известную структуру каменной соли, приходится около 20% вещества мантии ниже границы 650 км. Оставшиеся примерно 10% мантийного вещества составляют фазы, содержащие Ca, Na, и K.

Недавно Х. Мао, П. Белл и Т. Яги (геофизическая лаборатория Института Карнеги, США) установили<sup>2</sup>, что в преобладающих перовскитоподобных фазах может содержаться весьма ограниченное количество Fe, а повышенные концентрации Fe среди минералов глубинной ассоциации характерны лишь для магнезиовюстита. Для магнезиовюстита доказана возможность перехода под воздействием высоких давлений части содержащегося в нем двухвалентного железа в трехвалентное, остающееся в структуре минерала с одновременным выделением соответствующего количества нейтрального железа. На основе этих данных Мао, Белл и Яги выдвинули новые идеи о дифференциации вещества в глубинах Земли: благодаря гравитационной неустойчивости магнезиовюстит погружается на глубину, где под воздействием давления из него выделяется некоторая часть железа в нейтральной форме. Остаточный магнезиовюстит, характеризующийся более низкой плотностью, поднимается в верхние слои, где вновь смешивается с перовскитоподобными фазами; контакт с ними приводит к восстановлению

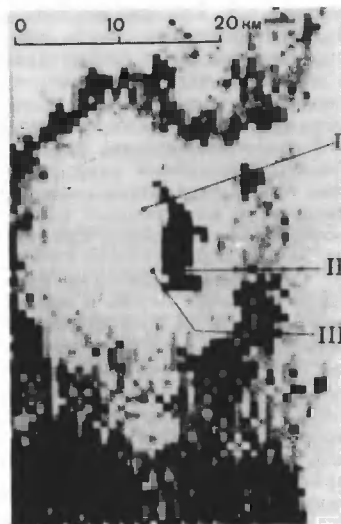
его стехиометрии и возможности циклического повторения описанного процесса.

**Д. Ю. Пуцаровский,**  
кандидат геолого-минералогических наук  
Москва

#### Вулканология

### Тепловая аномалия на склонах Этны

С борта искусственного спутника «НОАА-5» и полевыми исследованиями обнаружена аномалия в тепловом потоке, выделяющемся в верхней части склона вулкана Этна (Сицилия). Регулярные измерения температуры во избежание погодных влияний производились не только в центре аномалии, на вулканологической станции Калькарацци, но и в километре от этой



Фрагмент инфракрасного изображения вулкана Этна, полученного с борта искусственного спутника «НОАА-5» 16 сентября 1978 г. I — центральный кратер, II — вулканологическая станция Калькарацци, III — контрольная станция Салпенца. Тепловая аномалия — темная область возле станции Калькарацци, вытянувшаяся с севера на юг примерно на 10 км.

<sup>1</sup> Lin-Gun Lin. Phase Transformations and the Constitution of the Deep Mantle — In: The Earth: Its Origin, Structure and Evolution. L., 1979.

<sup>2</sup> Мао Н. К., Белл П. М., Яги Т. Iron-Magnesium Fractionation Model for the Earth. — In: Annual Report of the Director Geophysical Laboratory. Carnegie Institution, 1978—1979.

зоны, на контрольной станции Сапиенца.

За месяц перед извержением, происшедшим 3 августа 1979 г., температура на станции Калькарацци внезапно повысилась на 3°C. Через неделю после начала извержения температура, измеренная непосредственно на глубине 120 см под поверхностью почвы, была выше контрольной на 9°C. Специалисты полагают, что столь существенная аномалия свидетельствует о скоплении магмы на малых глубинах. При этом величина тепловой аномалии, как и ожидалось, меняется относительно вулканической активности: за последние два года на склонах Этны неоднократно происходили извержения, в районе же обнаруженной ныне тепловой аномалии вулканическая деятельность не отмечалась вот уже 70 лет. Таким образом, необычные температуры не могут быть отнесены за счет остывания остаточной магмы.

Наблюдения тепловой активности Этны проводятся с участием французских специалистов из Национального центра телекоммуникационных исследований и VI Парижского университета.

«Smithsonian Institution Scientific Event Alert Network Bulletin», 1979, v. 4, № 10, p. 7—8 (США).

Палеонтология

**Яйца хищного динозавра найдены в Северной Америке**

В 1979 г. во время учебной геологической экспедиции в северной части центрального района штата Монтана (в 35 км к западу от г. Шото) группа студентов под руководством Дж. Хорнера (Принстонский университет, США) обнаружила на песчаном откосе в аргиллитовых породах окаменелое яйцо динозавра. К концу полевых работ здесь удалось собрать 30 яиц, причем 5 из них — первые полностью сохранившиеся экземпляры такого рода во всей Северной Аме-

рике (прежде яйца динозавров находили главным образом в Монголии и во Франции). Особенно важна эта находка потому, что эти яйца, очевидно, принадлежали не растительноядным, а хищным динозаврам. Об этом говорит строение зубов и костей окаменелых остатков детенышей динозавров, обнаруженных рядом с яйцами.

Точно определить вид ископаемых животных невозможно, так как кости взрослых особей или полные скелеты детенышей пока не найдены. Яйца напоминают скорее птичьи, чем снабженные кожистым покрытием яйца пресмыкающихся. Их длина 15—20 см, диаметр 7,5—10 см, возраст около 85 млн лет. Было найдено две отдельных кладки, в которых яйца покоились «стоймя», т. е. в вертикальном положении. Одна из кладок расположена выше по склону и, очевидно, моложе другой на несколько тысячелетий.

В этом районе Дж. Хорнер и палеонтолог-любитель Р. Макела работают уже около 10 сезонов. В 1978 г. в двух километрах от места нынешней находки они обнаружили фрагменты яиц растительноядного утконосого динозавра, который обитал здесь около 70 млн лет назад, а также скелеты его детенышей. Вероятно, эта территория служила местом «гнездования» различных видов динозавров на протяжении нескольких миллионов лет и ее исследование может дать новые интересные сведения по палеонтологии.

Яйца хищных динозавров (вместе с породами, в которых они найдены) экспонированы в Музее естественной истории Принстонского университета. Хотя специалисты считают маловероятным, чтобы эти яйца были оплодотворены, все же предполагается провести их рентгеноскопию с целью обнаружить зародышевые скелеты и попытаться реконструировать скелет ископаемого животного.

«Science News», 1979, v. 116, № 10, p. 174 (США).



Охрана природы

**Угроза панде**

Большой панда, или бамбуковый медведь (*Ailurus fulgens*), — редкое животное. Область его обитания ограничена влажными субтропическими районами предгорьев Гималаев. Основным продуктом питания служит бамбук. Недавно из китайской провинции Сычуань, где панда еще встречается, поступили сведения, что десятки особей погибли от голода в связи с исчезновением бамбука вида *Thamnocalamus spathaceus*, в зарослях которого они обитали.

Существуют монокарпические (одноплодные) виды бамбука, которые цветут всего раз в жизни, после чего вся популяция, оставив лишь семена, полностью погибает. Такое массовое цветение происходит через многие десятилетия и даже столетия. Ныне, очевидно, наступил период цветения бамбука в районе обитания панды, что и привело к гибели многих животных.

В прошлом, когда заросли бамбука занимали гораздо большие площади, панды переходили из одних урочищ в другие, не охваченные цветением. Теперь найти аналогичную заросль зачастую оказывается невозможным.

«New Scientist», 1980, v. 86, № 1203, p. 133 (Великобритания).



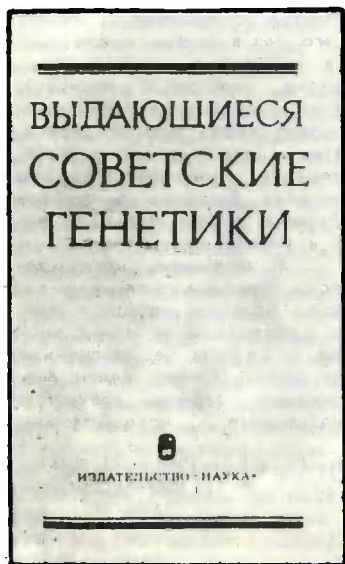
## Первопроходцы отечественной генетики

**В. В. Бабков,**

кандидат биологических наук  
Институт истории естествознания  
и техники АН СССР

**А. А. Малиновский,**

доктор биологических наук  
Всесоюзный научно-исследовательский институт  
системных исследований  
Госкомитета СССР по науке  
и технике и АН СССР  
Москва



Выдающиеся советские генетики. Сборник биографических очерков. Под ред. Д. К. Беляева и В. И. Иванова. М., «Наука», 1980, 150 с.

Биографические материалы — один из основных типов источников при написании истории естествознания; это в полной мере относится к истории отечественной генетики и особенно ее ран-

них этапов. Действительно, «зрелая» наука едина, и споры сторонников разных школ скорее подтверждают это: ведь для таких споров нужен хорошо разработанный общий язык. Совершенно иную ситуацию мы встретим, рассматривая генетику в момент ее зарождения. Своеобразие ее «точек роста» зависит не только от национальной традиции и ряда других условий — оно всегда несет печать личности ученого-первопроходца, стоявшего у истоков той или иной генетической школы. Это иллюстрирует и рецензируемый сборник, содержащий двенадцать биографий основателей нашей генетики. Перечислим их: Н. И. Вавилов, Г. А. Левитский, Г. Д. Карпенченко, Н. К. Кольцова, А. С. Серебровский, С. С. Четвериков, Б. Л. Астауров, Ю. А. Филипченко, М. Е. Лобашев, С. Н. Давиденков, Г. А. Надсон, А. Р. Жебрак.

Развитие генетики в нашей стране почти полностью приходится на советский период; ранее в русской биологической литературе встречались переводные и непереводные компиляции и отдельные мысли (лишь изредка — работы) о наследственности и изменчивости, которые говорили об интересе крупных биологов к новой области науки. Начало же систематических генетических исследований связано с созданием в 1920-е годы ряда научных школ и сети исследовательских учреждений. Именно по принципу принадлежности ученого к той или иной школе и расположены очерки в рецензируемой книжке.

Школа Н. И. Вавилова в Ленинграде была тесно связана с теоретическими и прикладными вопросами селекции растений — в проблемном аспекте, а в организационном — с созданием Института прикладной ботаники и новых

культур (ныне Всесоюзный институт растениеводства им. Н. И. Вавилова), а позднее с Институтом генетики АН СССР, выросшем на основе организованной Ю. И. Филипченко Лаборатории генетики АН СССР. Открывается сборник очерком «Николай Иванович Вавилов, 1887—1943» (автор — Ф. Х. Бахтеев). Далее идут очерки, посвященные ученым, работавшим в ВИР, — «Григорий Андреевич Левитский, 1878—1942» (автор — А. А. Прокофьева-Бельговская) и «Георгий Дмитриевич Карпенченко, 1899—1942» (автор — Д. В. Лебедев).

Ю. А. Филипченко еще в 1913 г. начал читать курс генетики в Петербургском университете, а в 1918 г. организовал там первую в России кафедру генетики и экспериментальной зоологии; при Академии наук он создал Бюро по евгенике, которое впоследствии, в связи с изменением проблематики, реорганизовал в Лабораторию генетики. Научные интересы его школы были устремлены прежде всего на изучение генетики животных и растений. С ленинградской кафедрой генетики связаны очерки: «Юрий Александрович Филипченко, 1882—1930» (Н. Н. Медведев) и «Михаил Ефимович Лобашев, 1907—1971» (К. В. Ватти, Л. З. Кайданов, М. М. Тихомирова).

Создание Института экспериментальной биологии и зарождение московской генетики связано с именем Н. К. Кольцова, прошедшего путь от описательной и сравнительной морфологии к экспериментальной биологии. Его сотрудник по ИЭБ, читавший первый курс генетики в МГУ, С. С. Четвериков, определил центральную проблему генетики популяций — природа и поддержание изменчивости в популяциях — и создал отечественную школу

эволюционной генетики. Другой лидер московских генетиков, А. С. Серебровский, работал на станциях по генетике животных, связанных с ИЗБ, и читал генетику — сперва в Зоотехническом институте, а позже, после С. С. Четверикова, в МГУ. Помимо рассмотрения теоретических вопросов (проблемы сложного строения гена), работа его и его учеников была связана с прикладными задачами, включая изучение географии и генофонда сельскохозяйственных животных. Б. Л. Астауров — ученик Н. К. Кольцова, С. С. Четверикова и Д. П. Филатова — открыл несколько направлений в разработке проблем генетики и селекции шелкопряда; он был одним из учредителей Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова и его первым президентом. С московской генетической школой связаны очерки «Николай Константинович Кольцов, 1872—1940» (П. Ф. Рокицкий), «Александр Сергеевич Серебровский, 1892—1948» (Н. И. Шапиро), «Сергей Сергеевич Четвериков, 1880—1959» (Н. В. Тимофеев-Ресовский, Н. В. Глотов), «Борис Львович Астауров, 1904—1974» (П. Ф. Рокицкий).

Завершают сборник биографии: «Сергей Николаевич Давиденков, 1880—1961» (Н. П. Бочков), «Георгий Адамович Надсон, 1867—1940» (А. С. Кривиский) и «Антон Романович Жебрак, 1901—1965» (В. К. Савченко). С. Н. Давиденков, крупный невропатолог, для которого был характерен глубокий интерес к проблемам наследственной патологии, внес большой вклад в общие принципы генетики, в частности конкретизовал представление о полиморфизме проявлений одного и того же наследственного фактора у различных больных.

Здесь уместно отметить, что столетие со дня рождения С. Н. Давиденкова было бы правильно отметить переизданием его классической книги «Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии» (1947), которое мог-

ло бы сыграть существенную роль в деле дальнейшего объединения усилий клиницистов и биологов. В биографии Г. А. Надсона внимание сосредоточено на первом экспериментальном доказательстве им и Г. С. Филипповым (научным работам которого также уделяется некоторое место) возможности получения наследственных изменений под действием ионизирующих излучений, полученном в 1925 г., т. е. за два года до знаменитой работы Г. Дж. Мёллера. Наконец, в сборнике помещена биография А. Р. Жебрака. В своих работах по отдаленной гибридизации злаков и цитогенетике полиплоидов А. Р. Жебрак показал возможность целенаправленного синтеза новых видов сельскохозяйственных растений.

Если — в попытке сконструировать некий интегральный портрет — мы попробуем выделить черты, общие для первого поколения наших генетиков, то получим примерно такую картину. Прежде всего, это овладение собственной областью классической биологии в такой степени, что в результате появляется необходимость создать новую область исследований с иными, специфически генетическими подходами. Затем, при первостепенном значении, придаваемом фундаментальным проблемам, постоянный интерес к возможным практическим приложениям. (Или же постановка теоретических проблем как один из итогов разработки утилитарных задач. Главное, что центральные интересы включали одновременно и фундаментальные, и прикладные аспекты.) Далее, активная организационная работа, которую следует рассматривать в контексте социального строительства: создание новых лабораторий, институтов, кафедр; организация научных экспедиций, а также периодических, серийных и других изданий; преподавательская работа. Весьма существенно, что, сочетая разные виды деятельности, каждый из упомянутых ученых тем самым закладывал

основу интеграции создававшихся тогда научных учреждений разных типов: университетов, главной задачей которых было преподавание, учреждений в системе Академии наук, развивавших фундаментальные проблемы, научно-исследовательских институтов и лабораторий, сосредоточенных на прикладных разработках, редакций, занятых публикациями научных трудов, переводов, учебной литературы и др.

Эти типические черты приводят, однако, лишь к основной схеме. Выделив некоторый инвариант, мы обнаруживаем, что самое интересное — в различиях. Портрет личности всегда конкретен. Это одна из причин, почему так нужны биографии. В связи с возрастающим признанием значения истории нашей генетики, особенно ее ранних этапов, растет интерес и к биографиям ее выдающихся представителей. Впрочем, здесь имеет силу правило, которое в генетике популяций называется «эффект родоначальника»: одни проблемы и персонажи пользуются значительным вниманием (обычно вполне заслуженно), другие — увы! — еще ждут своего открытия. Так, раздел «Литература о жизни и деятельности Н. И. Вавилова» в библиографическом справочнике 1978 г.<sup>1</sup> содержит 1207 пунктов. Этот список явно вне конкуренции. Между тем многие другие наши генетики — пусть не такие яркие и плодотворные, как Вавилов, — считаются, по инерции мышления, фигурами в науке второстепенными, стало быть, биография не заслуживающими. Однако на каждом этапе развития науки происходит пересмотр оценок. Порой обнаруживаются несостоятельность былых кумиров, а некоторые «второстепенные» фигуры оказываются

<sup>1</sup> Николай Иванович Вавилов (1887—1943). Материалы к биобиографии деятелей сельскохозяйственной науки. Л., 1978.

ся в ретроспективе провозвестниками грядущего. Тот же Н. И. Вавилов в разные времена оценивался по-разному: из 1207 пунктов на 1911—1940 гг. приходится 95, на 1941—1952 гг.— 4, на 1953—1963 гг.— 160, на 1964—1978 гг.— 948.

Рецензируемая книга, естественно, появилась не на пустом месте. В частности, научную деятельность наших выдающихся генетиков отражали многие периодические издания. Уместно напомнить, что журнал «Природа» на протяжении ряда лет публикует такие материалы (их неполный список мы даем в приложении к рецензии).

Спектр стилей, характерных для биографий ученых, весьма широк. У одного края спектра мы найдем лаконичные статьи, построенные по определенной схеме, как в Большой Советской Энциклопедии. Несколько иной характер имеют статьи в изданиях, посвященных деятелям той или иной области науки или ученым вообще<sup>2</sup>. Не останавливаясь на других типах (подробнее см.: Человек науки. М., 1974), увидим у другого края спектра чрезвычайно популярные беллетризованные биографии, в лучших образцах без какой-либо вульгаризации в изложении научной стороны, почти всегда эмоциональные (иногда даже слишком, в таких случаях вспоминается школьное разделение сочинений на интеллектуальные и эмоциональные). Биографии должны быть разного свойства. Каждый тип ориентирован на определенную аудиторию и имеет задачи определенного характера.

Этот сборник также имеет свое лицо. Авторы очерков,

за немногими исключениями, близкие ученики или друзья героев книжки. Поэтому понятно, что научные моменты изложены хотя и кратко, но вполне уравнивательно; без явных упрощений, но вполне доступно. В результате книжка, адресованная в основном широкой публике, будет в известной мере полезна и специалистам. Все это хорошо, и все же общий характер сборника — компромиссный выбор аудитории, «усреднение» стиля отдельных очерков — вызывает разочарование. Впрочем, первоначально сборник готовился как справочный материал к Московскому международному конгрессу генетиков 1978 г., и требования унифицировать изложение предопределили нынешний стиль именно тогда. Было бы очень важно — в последующих аналогичных сборниках — сочетать единообразие минимально необходимых данных со свободой и своеобразием стиля каждого из авторов; следует также точнее адресовать книжку определенной аудитории, ибо поразить цель можно только тогда, когда она отчетливо видна.

Рецензируемый сборник интересен прежде всего тем, что это первое и пока единственное издание, целиком посвященное биографиям советских генетиков. Двенадцать опубликованных очерков не только освещают научную жизнь их персонажей, но и дают известное представление о конкретных путях отечественной генетики. Однако для более полной картины необходимо обратиться и к жизненному пути других наших ученых. Если брать только наиболее ярких генетиков, то, как справедливо отмечают редакторы в предисловии к сборнику, «даже неполный список ныне покойных генетиков старших поколений потребовал бы включения таких ученых, как Н. К. Беляев, Л. Н. Делоне, П. М. Жуковский, Ю. Я. Керкис, С. Г. Левит, А. Н. Лутков, М. С. Навашин, Ю. М. Оленов, П. Ф. Роклицкий, Д. Д. Ромашов, А. А. Сапегин, В. В. Сахаров, Н. Н. Соколов, В. В. Хвостова, С. С. Хох-

лов и многие другие». К этому списку мы должны добавить имена Я. Я. Луса, Н. Д. Медведева и Б. Н. Сидорова, скончавшихся в 1979 и 1980 г. Сюда следует включить также имена селекционеров, а также биологов, работавших в других областях, но оказавших влияние на раннее развитие советской генетики.

Следует приветствовать появление этого сборника, должностящего положиться начало систематическим публикациям биографий отечественных генетиков.

## «ПРИРОДА» О СОВЕТСКИХ ГЕНЕТИКАХ

О Н. И. ВАВИЛОВЕ:

Ипатьев А. Н. ВОСПОМИНАНИЯ О БРАТЬЯХ ВАВИЛОВЫХ.— «Природа», 1974, № 1;

Майсурия Н. А. ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ НАШЕГО ВРЕМЕНИ.— «Природа», 1967, № 9;

Бактеев Ф. Х. О МОЕМ УЧИТЕЛЕ.— Там же; МЭЛЛЕР О ВАВИЛОВЕ.— Там же;

Хохлов С. С. ПОЛВЕКА ЗАКОНА ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ Н. И. ВАВИЛОВА.— «Природа», 1971, № 2.

О Т. Д. КАРПЕЧЕНКО:

Лутков А. Н., Лебедев Д. В. КЛАССИК СОВЕТСКОЙ ГЕНЕТИКИ.— «Природа», 1970, № 12.

О Н. К. КОЛЬЦОВЕ:

Астауров Б. Л. ПАМЯТИ Н. К. КОЛЬЦОВА.— «Природа», 1941, № 5;

Рокицкий П. Ф. РОЛЬ Н. К. КОЛЬЦОВА В РАЗВИТИИ ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ В НАШЕЙ СТРАНЕ.— «Природа», 1972, № 7;

Н. К. КОЛЬЦОВ О НАУКЕ (С предисловием Б. Л. Астаурова).— Там же;

Энгельгардт В. А. У ИСТОКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ В НАШЕЙ СТРАНЕ.— «Природа», 1972, № 6.

О А. С. СЕРЕБРОВСКОМ:

Хесин Р. Б. ТЕОРИЯ ГЕНА В ТРУДАХ А. С. СЕРЕБРОВСКОГО.— «Природа», 1972, № 8.

<sup>2</sup> См., например: Dictionary Scientific Biography, v. 15. N. Y., 1970—1978. Интересно, что в этом словаре помещена биография, скажем, В. В. Сахарова, что очень отрадно, но нет биографий, например, С. С. Четверикова, А. С. Серебровского, Д. Д. Ромашова.

**О С. С. ЧЕТВЕРИКОВЕ:**

**Астауров Б. Л.** ЖИЗНЬ С. С. ЧЕТВЕРИКОВА.— «Природа», 1974, № 2;

**Рокицкий П. Ф.** С. С. ЧЕТВЕРИКОВ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА.— Там же;

**Четвериков С. С.** ИЗ ВОСПОМИНАНИЙ.— Там же;

**Четвериков С. С.** ПЕРВЫЙ ГОД В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.— «Природа», 1980, № 5; К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ С. С. ЧЕТВЕРИКОВА.— «Природа», 1980, № 11.

**О Б. Л. АСТАУРОВЕ:**

**Овчинников Ю. А., Басов А. А., Басов Н. Г., Скворцов А. К.** БОРИС ЛЬВОВИЧ АСТАУРОВ.— «Природа», 1974, № 8.

**О Б. В. КЕДРОВСКОМ:**

**Платова Т. П.** ИЗ ИСТОРИИ ОТКРЫТИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ РНК.— «Природа», 1975, № 1.

**О П. Ф. РОКИЦКОМ:**

**Савченко В. К. П. Ф. РОКИЦКИЙ И РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕТИКИ В НАШЕЙ СТРАНЕ.**— «Природа», 1979, № 11.

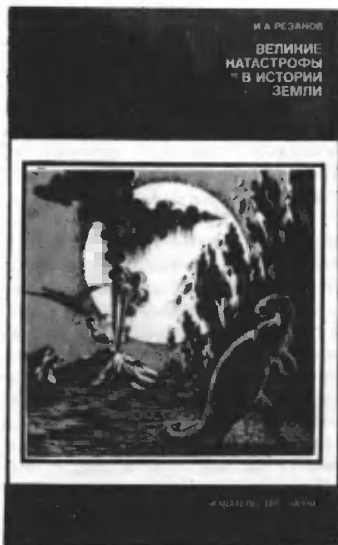
**Не слишком ли много катастроф!**

**Б. Н. Гурский,**  
доктор геолого-минералогических наук

Минский педагогический институт

В век научно-технической революции, сложного процесса дифференциации и интеграции наук чрезвычайно возросла тяга к научно-популярной литературе по всем отраслям знаний. Это требует особого отношения к ее содержанию и форме.

За последние годы издательство «Наука» выпустило несколько научно-популярных книг, автором которых является



**И. А. Резанов. ВЕЛИКИЕ КАТАСТРОФЫ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ.** Изд. 2-е, перераб., доп. Отв. ред. Э. М. Мурзаев. М., «Наука», 1980, сер. «Человек и окружающая среда», 176 с.

ся доктор геолого-минералогических наук И. А. Резанов. Это «Великие катастрофы в истории Земли» (1972), «Земная кора» (1974), «Атлантида: фантазия или реальность?» (1975), «Атлантида с позиций геологии» (1976), «Образование гор» (1977), «Происхождение океанов» (1979). И вот передо мной новое, повторное издание «Великих катастроф в истории Земли», переработанное и дополненное. Я не ставлю перед собой задачу дать анализ всех перечисленных работ. Мне лишь хотелось на примере двух выпусков одной книги показать ряд неточных объяснений фактов, которые переходят из одного издания в другое и вводят читателя в заблуждение.

Прежде всего, несколько слов вообще о катастрофах. В общепринятом смысле катастрофа — внезапное бедствие, событие, влекущее за собой тяжелые последствия. Так, во всяком случае, объясняют это понятие толковые словари. И. А. Резанов на этот счет несколько иного мнения. В первом издании рецензируемой книги (с. 5) он пишет: «На наш взгляд, катастрофы —

такие явления в истории Земли, которые отличаются от обычных эволюционных процессов, заметно большей (в десятки раз) скоростью и были зафиксированы лишь в единичных случаях». Что же относится к «великим катастрофам в истории Земли», согласно И. А. Резанову? В первом и втором изданиях книги, носящей такое название, рассматривается образование Земли и возникновение биосферы, вулканизм и землетрясения, оледенения, исчезновение динозавров, тропические циклоны, цунами, падение метеоритов и образование астроблем. Согласуется ли весь этот перечень с общепринятым представлением о катастрофах или хотя бы с их определением, данным И. А. Резановым? В большинстве своем — нет. Разве случайны, а не закономерны именно для истории Земли землетрясения и вулканизм, разве единичными были оледенения, следы которых известны из протерозоя? А можно ли считать катастрофой самое возникновение Земли и ее населения? Таким образом, попытка рассмотреть историю Земли под таким ракурсом представляется в значительной степени надуманной, хотя, конечно, название и книги получилось эффектное.

Однако обратимся к отдельным примерам из последнего издания «Великих катастроф...»

Крупнейший специалист по изучению мамонтов Н. К. Верещагин справедливо отметил: «Проблема исчезновения мамонтов стала довольно модной, и ее решением пытаются заниматься люди самых разных профессий. Предложенные гипотезы иногда бывают оригинальны, но чаще просто наивны»<sup>1</sup>. Не обошел эту проблему и И. А. Резанов. На с. 44 своей книги он пишет: «Массовая гибель... травоядных гигантов была вызвана быстро наступившим похолоданием». И далее отмечается, что вымирание мамонтов — типичный пример «катастроф»

<sup>1</sup> Верещагин Н. К. Почему вымерли мамонты. М., 1979, с. 3.

фического влияния изменения климата на растительность и животный мир в эпохи великих оледенений». Но ведь с оледенением, как говорят палеонтологи, связано не вымирание, а распространение мамонтов, типичной фауны для ледникового периода. Кстати сказать, современный климат Сибири не так уж катастрофически отличается от климата ледникового периода. По данным Т. А. Бурашиковой с соавторами<sup>2</sup>, температура января в низовьях Оби в последнюю ледниковую эпоху составляла  $-25^{\circ}\text{C}$ , а современная  $-23^{\circ}\text{C}$ . Температура июля в последнюю ледниковую эпоху была  $+15$ , теперь  $+16^{\circ}$ . Соответственно среднегодовая тогда и теперь  $-5$  и  $-4^{\circ}$ . И, наконец, стоит отметить, что среди многих причин, вызвавших вымирание мамонтов, специалисты на первое место ставят общее потепление климата в конце ледникового периода, возникновение в средних широтах обширных заболоченных пространств, тундровых, а затем таежных ландшафтов, к условиям которых мамонты оказались не приспособленными.

Фантастичны (лучшего слова я не нашел) и представления И. А. Резанова о палеогеографии ледникового периода. На той же с. 44 читаем: «Ледниковый покров 10 000—20 000 лет назад занимал огромные пространства нашей планеты. Большая часть Европы и Северной Америки была покрыта льдами. Спускаясь со Скандинавских гор, ледник достигал Волгограда и Киева, закрывал территорию Польши и Англии». Но ведь 10 тыс. лет тому назад край ледникового покрова находился в Финляндии (фаза Салпаусселькя), а во время максимума последнего оледенения (17—20 тыс. лет назад) его граница находилась в пределах Белорусского Поозерья, от которого до Киева очень далеко.

«Двигавшиеся с севера льды вызывали гигантское перемещение народов с севера на юг, а также коренное изменение их образа жизни,— пишет автор.— Перемена климата явилась одним из важнейших факторов, с одной стороны, быстрого развития, с другой — вымирания отдельных племен» (с. 46). Так ли это? Начало ледникового периода отстоит от современности на 600—700 тыс. лет, а по мнению ряда ученых, даже на 1,5—2 млн лет. Человечество современного физического облика появилось 40 тыс. лет назад, а заселение Америки произошло еще позже, только около 20 тыс. лет назад.

Много противоречиво в попытках объяснить причины древних оледенений. На той же с. 46 написано: «Можем ли мы отнести эпохи оледенения нашей планеты к числу катастрофических явлений? Безусловно, да. В масштабе геологического времени они наступали почти мгновенно». Но уже через несколько абзацев сообщается следующее: «Анализируя растительные сообщества, существовавшие на нашей планете в последние 30—50 млн лет, ученые заметили, что климат на нашей планете постепенно ухудшался — происходило медленное похолодание».

Если попытаться суммировать те процессы, которые, согласно И. А. Резанову, являются причиной оледенений, то это горообразование, вулканизм, изменение величины солнечной радиации. Прежде всего отметим, что, по мнению большинства ученых, солнечная постоянная за последние 2 млрд лет оставалась практически неизменной. Как отмечает и сам И. А. Резанов, в истории Земли эпохи вулканизма и оледенения не совпадают. И при всем том наиболее разработанная теория оледенений, выдвинутая К. К. Марковым и Р. Флинтом, почему-то осталась в книге без внимания.

Много неясного и противоречивого в попытках дать представление о геосинклиналях и платформах. «После образования фундамента движения на платформах были выль-

ми, малоинтенсивными», — говорится в книге (с. 7). А как же Тянь-Шань, Саяны, большая часть Памира и т. п., которые возникли на месте платформ? А Байкальская и другие рифтовые зоны, образовавшиеся на платформах? «Геосинклинальные пояса состоят из серий протяженных глубинных разломов. Вдоль таких глубинных разломов возникли геосинклинальные прогибы, в которых накопилось до 10—30 км осадков», — пишет И. А. Резанов (с. 10). Такое определение геосинклинальных поясов не может быть принято, так как глубинные разломы — это зоны сочленения крупных блоков земной коры и верхней мантии, вдоль которых не обязательно заложение геосинклинальных прогибов.

Ничем не оправдано чисто механистическое изложение проблемы происхождения океанов. Возьму только одну фразу: «Обширные глубоководные океанические равнины — это, очевидно, бывшие платформы. Недаром многие геологи по аналогии с континентами называют их талассократонами (опустившимися платформами)» (с. 14). Но как тогда объяснить принципиальные различия в строении и возрасте коры океанической и континентальной? Этот важнейший вопрос остается без всякого объяснения, и у читателя должно сложиться представление, что современный океан — это погружившийся на определенную глубину континент.

Этими примерами я ограничусь, хотя мог бы привести их гораздо больше.

После прочтения книги невольно вздрагиваешь от обилия катастроф в прошлом и будущем. Правда, автор оставляет нам слабое утешение: «Для полного уничтожения континентов потребуются еще сотни миллионов лет» (с. 15). В принципе речь идет о новом всемирном потопе, от которого уже никому не спастись. Вот уж действительно глобальная катастрофа.

Но почему же расширяется океан? А что происходит с континентами? Вот здесь и теряется эволюционный подход к истории Земли. Много но-

<sup>2</sup> См. Материалы гляциологических исследований. Хроника и обсуждения, 1980, № 36.



вых идей содержит теория тектоники плит (новая глобальная тектоника, мобилизм, теория спрединга). К сожалению, в новом издании книги эти вопросы опущены, хотя в первом издании о мобилистских идеях А. Вегенера говорилось. Здесь, видимо, будет уместно напомнить слова одного из крупнейших советских тектонистов В. Е. Хаина: «Можно определенно заявить, что кроме тео-

рии спрединга пока не предложено другой теории, которая могла бы объяснить хотя бы часть фактов и нарисовать столь же стройную картину развития молодых океанов»<sup>3</sup>. Очевидно, что задачей любой научно-популярной книги яв-

ляется не только изложение фактов (в книге они занимают весьма существенное место), а их объяснение с позиций современной науки.

Зачем я написал эту рецензию? Мне хотелось, еще раз подчеркнуть, что каждый ученый должен быть особенно требователен к себе в тех случаях, когда он пишет для массового читателя.

<sup>3</sup> Вестник МГУ, сер. 4. «Геология», 1979, № 4, с. 7.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Математика

**Д. Пидоу. ГЕОМЕТРИЯ И ИСКУССТВО.** Пер. с англ. Ю. А. Данилова под ред. И. М. Яглома. М., «Мир», сер. «В мире науки и техники», 1979, 331 с., ц. 90 к.

Дэн Пидоу — профессор Университета Миннесоты (США). Советскому читателю он давно известен как автор (совместно с У. Ходжем) трехтомника «Методы алгебраической геометрии» (М., 1954). За рубежом хорошо знают и ценят и другие его книги, особенно курс геометрии для математических отделений университетов. Теперь, после издания на русском языке «Геометрии и искусства», мы получили представление и о ярком популяризаторском таланте Д. Пидоу.

Первые главы этой книги рассказывают о том, какое место занимала геометрия в творчестве Витрувия, Дюрера, Леонардо да Винчи. Затем рассматриваются «Оптика» и «Начала» Евклида, аналитическая геометрия Декарта и проективная геометрия. Заключительная глава посвящена понятию пространства и его трактовке с различных точек зрения. Каждая из глав заканчивается упражнениями. Выполнив предложенные в них несложные построения, можно, по мнению автора, сильнее прочувствовать эстетическую привлекательность геометрии. В целом читатель получает много интересных сведений об использовании аппарата классической геометрии в архитекту-

ре и искусстве, а также об эволюции этого взаимодействия от античных времен до наших дней.

### Археология

**В. Е. Ларичев. САД ЭДЕМА.** М., Политиздат, 1980, 398 с., ц. 1 р.

«Земля долго готовилась к принятию человека, и в одном отношении это строго справедливо, потому что человек обязан своим существованием длинному ряду предков. Если бы отсутствовало какое-либо из звеньев этой цепи, человек не был бы тем, кто он есть», — эти слова Дарвина служат эпиграфом и лейтмотивом книги, в которой автор идет по следам, оставленным древнейшими из человекоподобных существ.

Автор остерегается категорических суждений в вопросе о распространении человека по земному шару, заявляя, что путь этот был неровным и зигзагообразным. Сомнение — главный критерий его анализа — сопровождает все его очерки, в которых исследуются находки, связанные с поисками «предков Адама». Здесь описываются обстоятельства, сопутствующие открытиям питекантропа и австралопитека, зинджантропа и зоантропа («человека из Пилтдауна»). Последний оказался грандиозной химерой XX в., подделкой, раскрытой лишь спустя сорок лет, в 1958 г.

В книге рассказывается об открытиях, заложивших основу современной археологии, об африканском «чуде» — находке на севере Танзании одной из древнейших стоянок человека.

### Археология

**П. И. Борисковский. ДРЕВНЕЙШЕЕ ПРОШЛОЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА.** Издание второе, перераб. и доп. М., «Наука», 1980, 240 с., ц. 1 р. 10 к.

За время, истекшее с момента опубликования первого издания настоящей книги (1957), в представлениях о древнейшем прошлом человека произошли значительные изменения. Прежде всего доказано, что человек выделился из животного состояния не 800 тыс. лет назад, как считалось ранее, а свыше 2,6 млн лет назад. Получены новые данные о предках современного человека, по-новому трактуются некоторые вопросы первобытных семейных и общественных отношений. Все это находит отражение в настоящем издании. В пяти главах книги обсуждаются такие вопросы, как время появления человека, его «родословная», возникновение первых форм хозяйства, начальные этапы истории первобытного общества, оформление современного физического типа человека.

Издание рассчитано на читателей, интересующихся

происхождением человека и историей первобытной культуры.

#### История, науки

**И. А. Крупеников. НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ СИБИРЦЕВ (1860—1900).** М., «Наука», сер. «Научные биографии», 1979, 111 с.

Прожив недолгую жизнь, Н. М. Сибирцев успел внести существенный вклад в геологию, агрономию и, главное, в генетическое почвоведение. Им опубликовано около 60 значительных научных работ и среди них «Почвоведение» — курс, который он читал студентам Новоалександрийского института сельского хозяйства. Этот первый учебник почвоведения и сейчас поражает своей широтой, насыщенностью материалами, увлекательностью и стройностью изложения. Но не только в этом выразилось значение Сибирцева для науки. Отработанная им методика полевых, лабораторных, стационарных исследований в своих главных чертах применяется и в наши дни.

Сибирцев был учеником и сподвижником В. В. Докучаева, его «правой рукой». Докучаев выдвигал идеи, Сибирцев со своими сотрудниками глубоко и тщательно их разрабатывал. Автор удачно показал среду, в которой жил и работал ученый. В книге использованы воспоминания людей, знавших Сибирцева.

#### История науки

**КУЛИКОВО ПОЛЕ. К 600-летию Куликовской битвы (1380—1980).** Сост. Ю. Ф. Прудников, М., «Советская Россия», 1980, 48 с., ц. 35 к.

В книге рассказывается история монголо-татарского завоевания Руси на основе летописных, археологических и поэтических источников. «Пришла неслыханная рать. Их же никто хорошо не знает, кто они и откуда пришли, и какой язык, и какого они племени, и какая вера их», — записал в 1223 г. летописец о первом появлении близ русских рубежей опасного врага. Красочный рассказ о завоевании Руси и ее постепенной подготовке к отпору врагам завершается картиной Куликовской битвы.

Книга напечатана на мелованной бумаге, иллюстрирована многочисленными фотографиями местности, где произошла битва, и гравюрами.

#### История науки

**Е. М. Полищук. ЭМИЛЬ БОРЕЛЬ.** 1871—1956. Отв. ред. Ф. А. Медведев. Л., «Наука», сер. «Научно-биографическая литература», 1980, 168 с., ц. 25 к.

Э. Борель, один из известных французских математиков, стоял у истоков метрической теории чисел, теории стратегических игр, теории квазианалитических функций.

Его имя увековечено в таких математических понятиях, как «борелевские множества», «мера Бореля», «полигон Бореля», «теорема Пикара — Бореля», «лемма Бореля — Кантелли» и др.

Значительные результаты, достигнутые Борелем в разных разделах математики, могут заставить предположить, что жизнь его прошла в тиши академического кабинета. Однако автор книги показывает, что это не так. Наряду с выполнением обязанностей, связанных с членством в Академии наук Франции, Борель руководил кафедрой математической физики и теории вероятностей (в свое время ее возглавлял А. Пуанкаре) в Парижском университете (Сорбонне), был директором Эколь Нормаль, участвовал в создании Национального центра научных исследований, инициатором создания и первым директором Института математической физики им. А. Пуанкаре. Борель известен и как политический деятель, мэр своего родного города Африкане (юг Франции), председатель государственной комиссии по делам Эльзаса, вице-президент парламентского комитета по финансовым делам и даже... морской министр.

Читатель получит также представление о широком круге литературных интересов Бореля — основателя и активного автора ряда научно-популярных серий, издателя литературно-философского журнала.

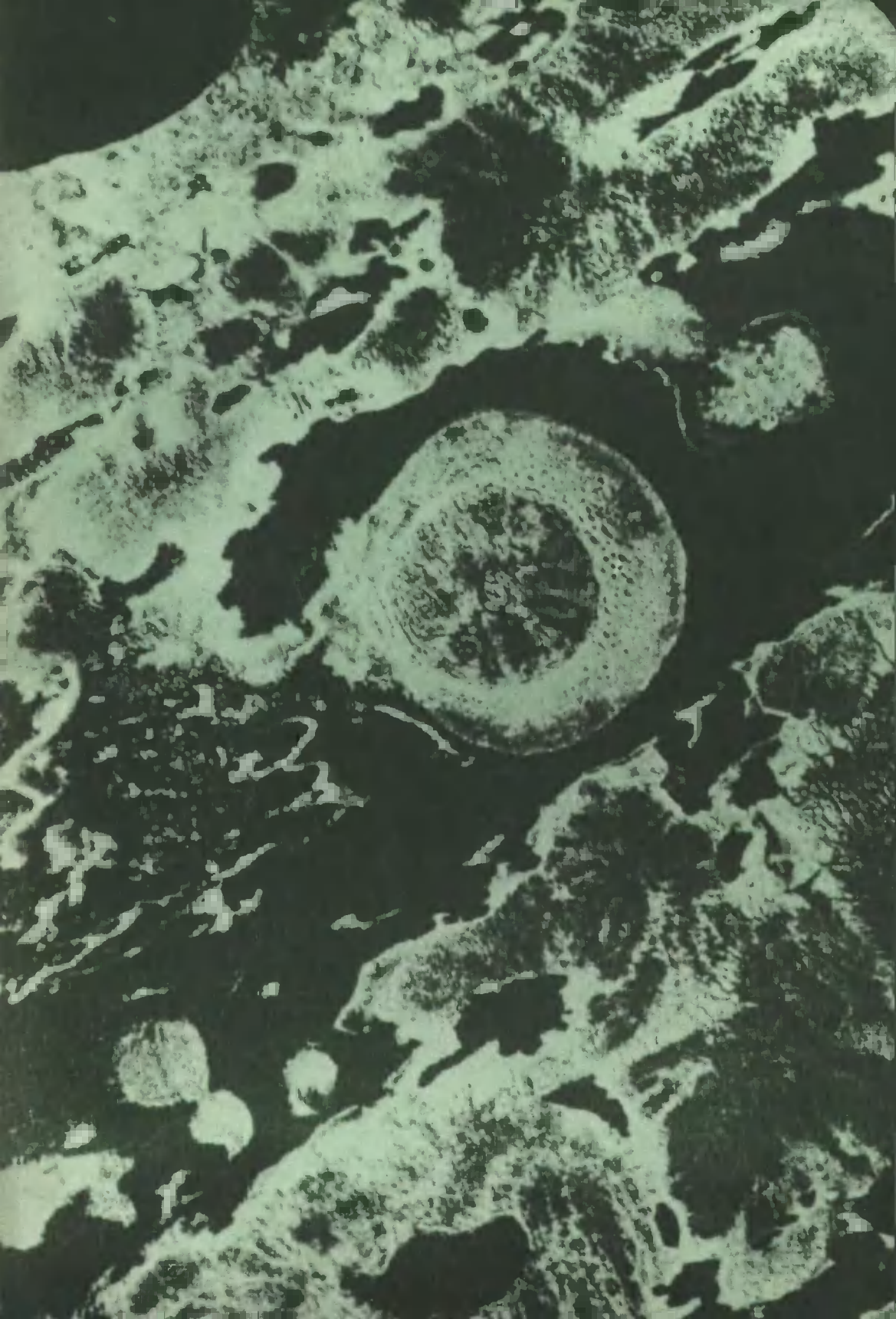
Художник П. Г. АБЕЛИН  
Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции:  
117049 Москва, В-49,  
Мароновский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 29.08.80  
Подписано к печати 16.10.80  
Т—16357  
Формат бумаги 70×100 1/16  
Офсет  
Усл.-печ. л. 10,4 Уч.-изд. л. 14,5  
Бум. л. 4  
Тираж 85 000 экз. Зак. 2226

Чеховский полиграфический комбинат  
Союзполиграфпрома  
Государственного комитета СССР  
по делам издательства,  
полиграфии и книжной торговли.  
г. Чехов, Московской области.



Цена 50 коп.  
Индекс 70767

