

ISSN 0032—874X

4

1983

# ПРИРОДА





## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
академик  
Н. Г. БАСОВ  
Заместитель главного редактора  
кандидат физико-математических наук  
А. И. АНТИПОВ  
Доктор физико-математических наук  
Е. В. АРТЮШКОВ  
Академик  
Д. К. БЕЛЯЕВ  
Член-корреспондент АН СССР  
Р. Г. БУТЕНКО  
Доктор географических наук  
А. А. ВЕЛИЧКО  
Член-корреспондент АН СССР  
В. А. ГОВЫРИН  
Член-корреспондент АН СССР  
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ  
Член-корреспондент АН СССР  
Г. А. ЗАВАРЗИН  
Член-корреспондент АН СССР  
В. Т. ИВАНОВ  
Доктор физико-математических наук  
Н. П. КАЛАШНИКОВ  
Доктор физико-математических наук  
С. П. КАПИЦА  
Академик  
Б. М. КЕДРОВ  
Доктор физико-математических наук  
И. Ю. КОБЗАРЕВ  
Кандидат физико-математических наук  
А. А. КОМАР  
Академик  
Н. К. КОЧЕТКОВ  
Доктор геолого-минералогических наук  
И. Н. КРЫЛОВ  
Доктор философских наук  
Н. В. МАРКОВ  
Доктор экономических наук  
В. А. МЕДВЕДЕВ  
Ответственный секретарь  
В. М. ПОЛЫНИН  
Доктор исторических наук  
П. И. ПУЧКОВ  
Заместитель главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ  
Доктор философских наук  
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора  
доктор биологических наук  
А. К. СКВОРЦОВ  
Академик АН УССР  
А. А. СОЗИНОВ  
Академик  
В. Е. СОКОЛОВ  
Доктор геолого-минералогических наук  
М. А. ФАВОРСКАЯ  
Заместитель главного редактора  
кандидат технических наук  
А. С. ФЕДОРОВ  
Заместитель главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Л. П. ФЕОКТИСТОВ  
Член-корреспондент АН СССР  
В. Е. ХАИН  
Член-корреспондент АН СССР  
Р. Б. ХЕСИН  
Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАЩУК  
Доктор физико-математических наук  
В. А. ЧУЯНОВ  
Академик  
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

На первой странице обложки. Серый варан в песках Бадхызского заповедника. См. в номере: Горелов Ю. К. Серый варан.

Фото В. К. Крупко.

На четвертой странице обложки. Река Лантарь в Центральном Прихотье. См. в номере: Харкевич С. С., Манько Ю. И., Васильев Н. Г., Животченко В. И. Создать Джугджурский заповедник.

Фото В. И. Животченко.

**В НОМЕРЕ**

<b>Жамин В. А.</b> Роль науки в решении Продовольственной программы	2
<b>ХИМИЯ ПОВЕДЕНИЯ</b>	
<b>Иванов В. Т., Каменский А. А.</b> Нейропептиды — регуляторы поведения	7
<b>Ковальзон В. М.</b> Поиски «гормона сна»	13
<b>Кондратьев К. Я.</b> Космические горизонты климатологии	23
<b>Харкевич С. С., Манько Ю. И., Васильев Н. Г., Животченко В. И.</b> Создать Докугджурский заповедник	35
<b>Андрианов Б. В., Доскач А. Г.</b> Хозяйственно-культурная дифференциация народов мира и географическая среда	44
<b>КРАСНАЯ КНИГА</b>	
<b>Горелов Ю. К.</b> Серый варан	54
<b>Северный А. Б.</b> Солнце как звезда	59
<b>Розенберг Г. В.</b> Витают в воздухе	68
<b>Кузьмин Р. О.</b> Оледенение Марса	79
<b>Павлова Г. Е. Е. Р. Дашкова</b> — директор Петербургской академии наук	88
<b>Генезис рудных месторождений — основа их поисков. (Интервью с участниками VI симпозиума Международной ассоциации по генезису рудных месторождений)</b>	96
<b>Сурдин В. Г.</b> Эволюция квазаров	104
<b>НОВОСТИ НАУКИ</b>	<b>21, 106</b>
Сон у ламантина • Микросейсмы на Венере • Поиски десятой планеты • Кометы падают на Солнце • W-бозоны обнаружены • Акустическое изображение микросхем • Лазерное разделение трития и дейтерия • «Лазерный дракон» • Заражение при «оловянной чуме» • Полимеры из разнородных макромолекул • Белки, общие для митохондрий и цитоплазмы • Новый инсулин • Термостойкий биокатализатор • Перевод эритроцитов одной группы крови в другую • Мышечное расслабление и чувствительность к стрессу • Механизм влияния алкоголя на эмоции • Половые феромоны подвязочных змей • Коллективная охота у дернового муравья • Древнейшие предки человека • Токсичность пропокса • Биоценозы вблизи атомных электростанций • Носорог — жертва невежества • Базальтовые плато и тектоника • Глубинное бурение ледника • Устоят ли небоскребы? • Новая провинция железо-марганцевых конкреций • «Гломар Эксплорер» — новое буровое судно	
<b>РЕЦЕНЗИИ</b>	
<b>Кузаков В. К.</b> Астрономия каменного века — правда или вымысел? (на кн.: Дж. Вуд. Солнце, Луна и древние камни). <b>Гиляров М. С.</b> Мамонты и ...«всемирный потоп» (на кн.: Н. Krause. The Mammoth in ice and snow?)	118
<b>НОВЫЕ КНИГИ</b>	
<b>Томиа К.</b> Беседы о кометах • <b>Кауфман У.</b> Планеты и луны • <b>Скворцов А. К.</b> Микроэволюция и пути видообразования • <b>Флора на Народна Република България</b> • <b>Борзенков В. Г.</b> Биология и физика • <b>Уолтэм Тони.</b> Катастрофы: неистовая земля. • <b>Малов В.</b> Легенды ведут к открытиям • <b>Абанумова Н. Б., Григорьев Д. П., Давыдов Е. В., Кормилицы В. С., Соболев О. А.</b> Цветные камни, минералы и руды в музеях Ленинграда • <b>Келлер И.</b> О шестигульных снежинках • <b>Кузнецов Б. Г.</b> Ньютон	120
<b>В КОНЦЕ НОМЕРА</b>	
<b>Иверсен О. Г.</b> Вольволон — недавно открытый пептидный гормон эпифиза	124

## Роль науки в решении Продовольственной программы

**В. А. Жамин,**  
доктор экономических наук,  
лауреат Государственной премии СССР  
Москва

Нам надо во что бы то ни стало поставить себе задачей... чтобы наука действительно входила в плоть и кровь, превращалась в составной элемент быта вполне и настоящим образом.

**В. И. Ленин**

Решениями майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС определена Продовольственная программа СССР на период до 1990 г., которая является важнейшей составной частью экономической стратегии партии на ближайшее десятилетие и дальнейшим развитием установок мартовского (1965 г.), последующих пленумов ЦК КПСС, XXIII—XXVI съездов партии. Последний, ноябрьский (1982 г.) Пленум, сессия Верховного Совета СССР (1982 г.) также сконцентрировали усилия на узловых проблемах развития и последовательного осуществления Продовольственной программы, реализации которой должно уделяться первостепенное внимание.

В настоящий период партия поставила задачу на основе возросшего экономического потенциала страны обеспечить в возможно сжатые сроки устойчивое снабжение населения всеми видами продовольствия, существенное улучшение структуры питания советских людей за счет увеличения потребления наиболее ценных продуктов. Эта задача может быть решена за счет дальнейшего развития всего агропромышленного комплекса. В Программе заложено важнейшее требование — осуществить решительный переход на преимущественно интенсивные факторы роста.

В решении Продовольственной программы принимают участие все звенья в сложившейся системе организации науки в нашей стране: Академия наук СССР и

академии союзных республик, Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ), высшие учебные заведения, исследовательские и конструкторские организации различных отраслей народного хозяйства, объединений, предприятий.

В специальном разделе Продовольственной программы «Усиление роли науки в реализации Продовольственной программы» отмечена задача науки в деле развития сети научно-производственных объединений, создаваемых на базе отраслевых и зональных научно-исследовательских и конструкторских организаций. В этих объединениях должно быть сконцентрировано производство сортовых и гибридных семян и посадочного материала высших репродукций и выращивание племенного скота.

Круг тематики, связанной с реализацией Программы, широк и охватывает фундаментальные и прикладные исследования, включая разработки и конструирование.

Во вступительном слове на совместной сессии Общего собрания Академии наук СССР и Общего собрания ВАСХНИЛ, посвященной задачам науки в реализации Продовольственной программы СССР, проходившей 22 и 23 сентября 1982 г.,

президент АН СССР академик А. П. Александров остановился на важнейших направлениях научного обеспечения этого дела, подчеркнув, что важным аспектом деятельности Академии наук должен быть выход на качественно новый уровень внедрения достижений физики, химии, биологии в практику агропромышленного комплекса. Это особенно важно на таких участках реализации Продовольственной программы, как совершенствование систем земледелия, создание новых сортов, выведение высокопродуктивных пород скота, повышение надежности сельскохозяйственной техники, разработка эффективных методов борьбы с болезнями растений и животных.

Одной из центральных позиций Продовольственной программы является повсеместное создание систем земледелия, которые могут обеспечить устойчивое ведение сельского хозяйства в неблагоприятных, в том числе засушливых, условиях. Большую работу предстоит проделать научно-исследовательским учреждениям по дальнейшей разработке и внедрению региональных систем земледелия, в полной мере учитывающих природно-климатические и экономические условия каждой зоны страны.

В современных условиях практически во всех регионах сформировались универсальные многоотраслевые хозяйства. Предстоит решить задачу размещения каждого вида продукции в тех районах, где имеются благоприятные природные условия для его производства с одновременным развитием производственной, дорожно-транспортной и социальной инфраструктуры. Иначе говоря, предусматривается начать последовательное формирование специализированных зон крупномасштабного производства основных товарных продуктов — пшеницы, кукурузы и других зернофуражных культур, картофеля, овощей, сахарной свеклы, а также мяса, подобно тому как уже сформировались зоны производства хлопка, овощей, винограда и т. д. В связи с этим ученые призваны «на основе обобщения практики выработать научно обоснованные рекомендации по дальнейшему совершенствованию специализации, концентрации и межхозяйственной кооперации производства»<sup>2</sup>.

Интенсификация сельскохозяйственного производства диктует и изменения

в структуре самого сельского хозяйства. Главное состоит в том, чтобы не увеличивать постоянно посевные площади и поголовье скота, а всемерно повышать урожайность полей и продуктивность животных. Такой подход, в частности, обуславливает существенное повышение удельного веса энергонасыщенных фуражных культур, что позволит улучшить кормовой баланс и отказаться от невыгодных импортных закупок зерна.

Ключевой проблемой в дальнейшем развитии сельского хозяйства является ускоренное и устойчивое наращивание производства зерна. Необходимо увеличить среднегодовое производство зерна на одиннадцатой пятилетке до 238—243 млн т, в двенадцатой — до 250—255 млн т. Программа определяет ускоренный рост мясного скотоводства, в особенности в тех районах, где для этого имеются благоприятные условия.

Для реализации соответствующей системы земледелия, развития животноводства и успешного выполнения Продовольственной программы в целом важное значение имеет укрепление материально-технической базы сельского хозяйства и всех других отраслей агропромышленного комплекса на основе дальнейшего развития механизации и химизации производства, широкой мелиорации земель.

С мартовского (1965 г.) Пленума ЦК КПСС в техническом оснащении сельского хозяйства произошли коренные изменения. Энергетические мощности увеличились с 232 млн л. с. до 600 млн л. с. в 1980 г. Энерговооруженность труда возросла с 8,5 до 26 л. с. на одного работающего, или более чем в три раза<sup>3</sup>.

Однако уровень механизации и электрификации сельскохозяйственного производства еще не полностью отвечает современным требованиям. В настоящее время он ниже технологических потребностей производства, о чем свидетельствует большая доля ручного труда, которая в крупном производстве не дает возможности приспособиться к неожиданно и непредвиденно меняющимся природным условиям. В связи с этим на период до 1990 г. разработана программа технического перевооружения села. За десять лет предстоит освоить более полутора тысяч новых типов машин, или в два раза больше, чем их было создано в предшествующем десятилетии.

<sup>2</sup> Продовольственная программа СССР... — Коммунист, 1982, № 9, с. 33.

<sup>3</sup> Правда, 24 сентября 1982 г.



При решении проблемы механизации сельского хозяйства особенно актуально существенное повышение надежности и долговечности поставляемой техники — т. е. качества всех машин, механизмов, материалов. Конструкции ряда машин устарели, и потребителям, прежде чем пускать технику в производство, приходится своими силами применять ряд приспособлений. Из этого совершенно очевидны задачи ученых и конструкторов поднять качество разработок, а промышленности — технический уровень выпускаемых машин. В эту работу уже активно включились также институты Академии наук.

Для улучшения материально-технической базы сельского хозяйства важное значение будет иметь **рост капитальных вложений и их направление**. Общий рост капитальных вложений за текущее десятилетие по всему агропромышленному комплексу составит 30%, а в тракторное и сельскохозяйственное машиностроение и в машиностроение для животноводства и кормопроизводства они увеличатся более чем в два раза, в дорожное строительство — в 1,9, в коммунальное хозяйство — в 3,3 раза. Увеличиваются вложения в сферу хранения и переработки продукции.

Ускорение темпов роста капитальных вложений в фондпроизводящие отрасли позволит улучшить снабжение сельского хозяйства ресурсами, совершенствовать состав машинно-тракторного парка хозяйств.

Существенных улучшений требует структура и химический состав минеральных удобрений, которые не отвечают современным требованиям и потому влекут за собой невысокое повышение урожайности, излишние затраты на транспортировку, хранение, неблагоприятно воздействуют на структуру и плодородие почвы. Требуется увеличить производство пестицидов и расширить их ассортимент, что зависит не только от промышленности, но и от науки.

Для выполнения Продовольственной программы важно продолжать совершенствовать способы и системы обработки почвы. В Продовольственной программе особое внимание уделяется разработке и внедрению энергосберегающих индустриальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур для различных почвенно-климатических зон, что будет способствовать повышению урожая и его качества, улучшению использования земли, росту производительности труда на основе

ликвидации ручного труда при проведении основных операций. Отсюда первоочередные задачи ученых инженерно-технического профиля — в области развития научных исследований по механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. «Главное направление здесь состоит в том, чтобы перейти от выпуска отдельных механизмов к выпуску комплексов машин, позволяющих обеспечить поточную технологию производства.»<sup>4</sup> В связи с этим научно-исследовательские, проектно-конструкторские организации, промышленные объединения и предприятия должны осуществить большой объем работ по созданию и выпуску новых экономичных комплексов машин, а сельскохозяйственные научные учреждения — дать обоснования для новой высокопроизводительной технологии на базе этой техники.

Коллективы институтов и конструкторских организаций Москвы обязались изготовить и поставить производству в одиннадцатой пятилетке около 200 образцов высокоэффективной техники для села.

Разработка и внедрение новой техники и технологии позволят получать больше конечной продукции из того же количества сельскохозяйственного сырья, а также уменьшить его потери на всех стадиях производства, переработки и хранения. Намечено значительно расширить сеть перерабатывающих предприятий, приблизить их к местам производства продукции. Одновременно должна получить развитие и переработка сельскохозяйственного сырья непосредственно в колхозах и совхозах, что будет содействовать укреплению их экономики и производительному использованию трудовых и сырьевых ресурсов.

В Продовольственной программе предусмотрено увеличение масштабов строительства и технического перевооружения отраслей агропромышленного комплекса, в том числе сооружение элеваторов, предприятий мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности. В связи с этим нуждаются в серьезном изменении все звенья организации строительства — от разработки прогрессивных проектных решений, высококачественной подготовки проектно-сметной документации до сдачи объектов «под ключ». Решением майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС намечено уже в одиннадцатой пятилетке построить

<sup>4</sup> Горбачов М.— Коммунист, 1982, № 10, с. 11.

и ввести в эксплуатацию 80 крупных комбикормовых заводов, нарастить мощности действующих предприятий за счет их реконструкции и технического перевооружения. Этим определяются и главные задачи проектно-конструкторских организаций в данной области.

Требуют дальнейшей научной разработки вопросы технической оснащенности не только сельского хозяйства, но сферы хранения, переработки, торговли и общественного питания.

Ключевой проблемой для увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции является повышение урожайности сельскохозяйственных культур и повышение продуктивности животных. Мощным средством решения этой задачи является улучшение селекции и семеноводства. Перед наукой в этой области самое широкое поле деятельности.

За годы десятой пятилетки селекционными учреждениями было создано и передано в государственное сортоиспытание около 3 тыс. новых сортов сельскохозяйственных культур, из них 723 районировано, в том числе 578 сортов полевых культур. Новые высокоурожайные сорта пшеницы, озимой ржи, ячменя, неосыпающегося гороха, гибридов подсолнечника, вилтоустойчивые сорта хлопчатника, картофеля, овощей, кормовых культур сыграют большую роль в увеличении валовых сборов продуктов земледелия. Важно создать и внедрить сорта, устойчивые к неблагоприятным факторам среды, с высоким качеством зерна, невосприимчивые к болезням и вредителям, потенциальной урожайностью (в ц/га): озимой пшеницы — не ниже 80—90; яровой пшеницы — 45—60; короткостебельной озимой ржи, озимого и ярового ячменя — 55—65, гибридов кукурузы — 20—130 на орошаемых землях и 80—90 на землях без орошения; гороха — 40—45 и других зернобобовых культур — 25—30. Для достижения поставленных рубежей наши селекционеры располагают достаточным научным потенциалом. В перспективе должна быть обеспечена непрерывная (через 5—7 лет) смена сортов.

Одним из новых направлений в данной области является развитие теоретических исследований по биотехнологии и генной инженерии в селекции растений.

«Исследования по молекулярной биологии и молекулярной генетике, составляют один из краеугольных камней современной биологии, а следовательно, являются необходимым основой научного ведения сельского хозяйства. Эти исследования требуют

оснащения институтов современным научным оборудованием и реактивами.»<sup>5</sup>

В системе ВАСХНИЛ действует ВНИИ прикладной молекулярной биологии и генетики, в задачу которого входит развертывание работ в области молекулярной генетики и генной инженерии. Эти исследования ведутся в тесном сотрудничестве с научными коллективами Академии наук СССР. Значительный теоретический и практический вклад в развитие таких исследований вносят институты: Биоорганической химии им. М. М. Шемякина АН СССР, Цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР, Химической физики АН СССР, Молекулярной биологии и генетики АН УССР.

Вице-президент АН СССР академик Ю. А. Овчинников отмечал на Сессии Общесоюзного собрания АН СССР и ВАСХНИЛ, что совместными работами Института химической физики АН СССР и селекционных учреждений методом химического мутагенеза получено более ста новых сортов риса, овса, кукурузы, подсолнечника, других культур. Этот метод позволяет получать принципиально новые, высокопродуктивные, устойчивые, качественные сорта. Исследования по использованию культуры клеток и тканей открывают широкие возможности для практического их применения в селекции культурных растений (для сокращения сроков выведения сортов, создания новых отдаленных гибридов, выведения сортов невосприимчивых к разнообразным болезням растений и др.). Так, из-за болезней растений нередко теряется более четверти урожая. Важное значение имеют исследования по совершенствованию биологического метода защиты растений, своевременной сигнализации о появлении вредителей и болезней. Насколько важны эти исследования говорит то, что вследствие недостаточной устойчивости к экстремальным условиям среды и болезням потенциальные возможности многих современных сортов зерновых культур используются всего на 30—40%.

Для внедрения новых сортов в производство важную роль призваны играть опытно-производственные хозяйства. На опытных полях ВНИИ зернового хозяйства Министерства сельского хозяйства СССР пос. Шортанды КазССР была разработана почвозащитная система земледелия, бази-

<sup>5</sup> Овчинников Ю. А. Фундаментальные науки — сельскому хозяйству. — В кн.: Наука — сельскому хозяйству. М., 1979, с. 45.

рующаяся на принципиально новых машинах и орудиях обработки почвы.

Для решения задач, поставленных Продовольственной программой, в качестве первоочередной стоит задача повышения эффективности в использовании главного природного богатства — земли. Роль науки в подъеме плодородия почв определяется разработкой и внедрением зональных систем земледелия, основанных на специализации и концентрации хозяйств. В этой части проведена большая работа по изучению почвенного покрова земель сельскохозяйственной части страны. Произведен учет почвенных ресурсов, завершено агроэкономическое районирование страны. Институты Отделения химизации земледелия ВАСХНИЛ разработали генеральную схему комплекса противозерозионных мероприятий по стране.

Для решения проблем рационального использования земли необходимо укрепить союз исследователей и практиков. Важно учитывать тот факт, что свыше половины сельскохозяйственных угодий в нашей стране расположены в неблагоприятных климатических условиях. Низка еще отдача от мелиорации, хотя средств в нее вложено уже много. Занимая 7% всех площадей, мелиорированные земли дают лишь 12% валовой продукции.

Всесоюзным институтом удобрений и агропочвоведения имени Д. Н. Прянишникова совместно с другими институтами ВАСХНИЛ и Министерства сельского хозяйства СССР проведены исследования и опыты, которые позволили разработать научные основы и рекомендации по эффективному использованию удобрений для всех зон страны. Использование этих рекомендаций в сочетании с другими агротехническими приемами повышает эффективность удобрений на 15—20%.

Особенное значение приобретает химическая регуляция роста растений. При помощи препаратов, регулирующих рост растений, может быть существенно облегчена механизированная уборка многих овощных, плодовых и ягодных культур, достигнуто одновременное созревание плодов, формирование отдельного слоя черешков плодов и ягод.

Для решения задач, поставленных Продовольственной программой перед животноводством, первостепенное место занимают проблемы обеспечения животных полноценными и разнообразными кормами.

В животноводстве актуальной является проблема дальнейшего улучшения

уже существующих пород животных и выведения новых. В особенности обращено внимание на создание типов животных, сочетающих высокий генетический потенциал продуктивности и способность реализовать его в условиях новой промышленной технологии.

В предстоящем десятилетии перед зоотехническими научными учреждениями поставлена сложная задача: вывести 14 новых пород, 38 типов и более 100 линий животных. Сейчас реализуется программа по созданию новых пород молочного скота с удоем 5000—5500 кг и выше, приспособленных к современной технологии; высокопродуктивных пород специализированного мясного скота, свиней мясного и беконного типов, овец и птицы.

В действие вступила также целевая комплексная научно-техническая программа «Увеличение производства продуктов животноводства на промышленной основе». Она охватывает все стороны производства: селекцию, кормление, экономику и организацию труда.

Большое внимание в Продовольственной программе уделено решению социальных проблем села. Это диктуется тем, что условия жизни на селе все еще значительно отстают от городских, включая культурно-бытовое, медицинское и торговое обслуживание. Многое нужно сделать для развития дорожного строительства.

В соответствии с Продовольственной программой на жилищное, культурно-бытовое и дорожное строительство в 80-е годы будет выделено примерно 160 млрд руб. Экономистам, социологам и другим представителям общественных, естественных и технических наук предстоит разработать ряд проблем, от решения которых будет зависеть правильное размещение сельских поселков, социально-культурных учреждений, торговых предприятий, развитие дорожной сети и т. д.

Научное обеспечение Продовольственной программы требует совместных усилий различных отрядов научных работников и создания широкого фронта наук, исследующих проблемы агропромышленного комплекса.



## ХИМИЯ ПОВЕДЕНИЯ

Поведение человека и животных в последние годы вызывает широкий интерес у специалистов разного профиля. В изучение этой проблемы включились не только социологи, психологи, этологи, генетики, но и химики, физиологи, биохимики. Особое место в ряду таких исследований, стоящих на переднем крае науки, отводится изучению нейропептидов — небольших аминокислотных последовательностей, играющих, как оказалось, важную роль в формировании поведения.

Статьями В. Т. Иванова и А. А. Каменского, В. М. Ковальсона и в конце номера статьей-пародией О. Г. Иверсенс мы начинаем серию публикаций, посвященных различным аспектам этой проблемы.

### Нейропептиды — регуляторы поведения

Член-корреспондент АН СССР

**В. Т. Иванов**

Институт биоорганической химии им. М. М. Шемякина АН СССР

**А. А. Каменский,**

кандидат биологических наук

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Для биологов многих специальностей последние полтора десятилетия ознаменовались важным событием — открытием ранее неведомой системы регуляции целого ряда жизненных функций. Речь идет о пептидах-регуляторах, или, как их чаще называют, модуляторах.

К настоящему времени описана структура нескольких десятков пептидов, обнаруженных в организме, однако весь диапазон их действия далеко не ясен, тем более что для пептидов характерна так называемая полимодальность действия: один пептид способен влиять на целый ряд биологических процессов.

Есть еще одно обстоятельство, о котором необходимо помнить и учитывать: исключительная сложность механизмов поведения делает обособление отдель-

ных систем регуляции поведения, и в их числе регуляции соединениями пептидной природы, довольно опасным. Однако невозможно пытаться всегда описывать все в целом и поэтому нельзя обойтись без более или менее обособленных вычленений отдельных важных семейств регуляторов. Но, конечно, читатель постоянно должен помнить, что выделяемая система — только часть целостного механизма поведения и что, сколь интересной и важной она бы ни представлялась, нельзя ставить ее на первое место в механизмах поведения, игнорируя другие нейрофизиологические и нейрохимические системы.

Из года в год развивается представление о важной роли регуляторных пептидов в организации всей жизнедеятельности

организма. Существенное место в регуляции поведения принадлежит малым и средним пептидам. Подавляющее большинство известных нейропептидов, участвующих в формировании поведения (общее число их измеряется многими десятками), продуцируется нейронами головного мозга и выделяется нервными окончаниями, расположенными в его пределах. Однако мозг не единственный источник нейропептидов. Значительное их число синтезируют нервные окончания в периферических органах и тканях, а также периферические эндокринные формации. Наконец, существуют пептиды, образующиеся только на периферии, но обладающие, тем не менее, прямым действием на поведение.

Круг реакций поведения, связанных сейчас с нейропептидами, очень широк. Нейропептиды непосредственно связаны с формированием целого ряда мотиваций: это ощущение пищевого насыщения, жажда, сексуальные импульсы и др. Весьма сложное по генезу ощущение удовольствия также формируется с участием нейропептидов. Многообразные нейропептиды участвуют в восприятии боли и, следовательно, в связанных с болью реакциях поведения. Двигательная активность, сон, зимняя спячка также находятся под интенсивным влиянием нейропептидов. С поведением тесно связаны такие сложные функции мозга, как обучаемость и память, в формировании которых неперемное участие опять-таки принимают нейропептиды. В этот перечень входит, наконец, и патологическое поведение: эйфория, наркомания, элементы синдрома шизофрении и эпилепсии. Каждая из перечисленных функций связана с определенным набором из одного-трех, а иногда и десятков нейропептидов. В некоторых случаях одни и те же нейропептиды «обслуживают» несколько разных реакций поведения. Рассматривая далее конкретные нейропептиды, следует постоянно иметь в виду важную их особенность: каждый из них, помимо нейробиологических реакций, одновременно участвует в соматических процессах. Причем это не какие-то побочные функции, а обязательный комплекс «подведомственных» данному нейропептиду процессов, в числе которых та или иная реакция, связанная с поведением не как доминирующая функция, а как одна из нескольких равноправных функций.

Обратимся к примерам таких нейропептидов. Начнем с тех, которые, как недавно стало известно, связаны пока с относительно простыми реакциями поведе-

ния. При этом необходимо помнить о крайней условности разграничения реакций поведения на простые и сложные, а также о том, что каждый день приносит все новые и новые сведения о функциях каждого нейропептида.

Ощущение сытости связано в первую очередь с холецистокинином<sup>1</sup>. Этот пептид сначала был обнаружен в желудочно-кишечном тракте как регулятор сокращения желчного пузыря. Сейчас в мозгу, в том числе в высшей его формации — в коре, найдены рецепторы холецистокинина и многочисленные нейроны, его образующие. Правда, холецистокинин, образующийся в мозгу, состоит всего из 8 аминокислот, а периферический — из 33. Введение периферического холецистокинина в желудочки мозга голодной козы в фантастически малой дозе ( $10^{-5}$  мкг) полностью лишает ее аппетита. Вряд ли, однако, это единственная функция данного пептида. В коре довольно много нейронов, содержащих холецистокинин; такое их расположение наводит на мысль, что они участвуют в связях коры и подкорковых образований. Сам холецистокинин занимает одно из первых мест среди прочих нейропептидов по количеству в мозгу.

Наконец, обращает на себя внимание присутствие холецистокинина в синапсах нейронов ствола мозга, находящихся в лимбической системе. Этот факт, с данными о наличии этого пептида вместе с медиатором дофамином в одних и тех же нервных окончаниях, не позволяет, между прочим, пройти мимо холецистокинина и при формировании современных гипотез о патогенезе шизофрении.

Много сходного есть и в ситуации с двумя другими пептидами, также открытыми ранее в качестве регуляторов желудочно-кишечного тракта, вазоинтестинального пептида и гастрина (С-концевой тетрапептид которого идентичен соответствующему фрагменту холецистокинина). Эти пептиды, их рецепторы и продуцирующие их нейроны найдены в мозге, но их роль в реакциях поведения пока не установлена столь четко, как в случае холецистокинина.

<sup>1</sup> Snyder S. H.— Science, 1980, v. 209, p. 976.

**ФОРМИРОВАНИЕ  
ОЩУЩЕНИЙ**

пищевое насыщение

жажда

удовольствие

наркомания

боль

двигательная активность

сон

зимняя спячка

сенсуальные импульсы

обучаемость

память

элементы синдромов

шизофрении

эпилепсии

**П Е П Т И Д Ы**

холецистокинин (8)

Asp-Tyr-Met-Gly-Trp-Met-Asp-Phe

ангиотензин II

Asp-Arg-Val-Tyr-Val-His-Pro-Phe

опиоидные пептиды, например:

Met-энкефалин

Tyr-Gly-Gly-Phe-Met

β-эндорфин

Tyr-Gly-Gly-Phe-Met-Thr-Ser-Glu-Lys-Ser-Gln-Thr-Pro-Leu-Val-Thr-Leu-Asn-Ala-Ile-Ile-Lys-Asn-Ala-Tyr-Lys-Lys-Gly-Glu

пептид P

Arg-Pro-Lys-Pro-Gln-Gln-Phe-Phe-Gly-Leu-Met

нейротензин

Glu-Leu-Tyr-Glu-Asp-Lys-Pro-Arg-Arg-Pro-Tyr-Ile-Leu

брадикинин

Arg-Pro-Pro-Gly-Phe-Ser-Pro-Phe-Arg

тиреолиберин

Glu-His-Pro

тафцин

Tyr-Lys-Pro-Arg

пептид дельта-сна

Trp-Ala-Gly-Gly-Asp-Ala-Ser-Gly-Glu

люлиберин

Glu-His-Ser-Tyr-Gly-Leu-Arg-Pro-Gly

бомбезин

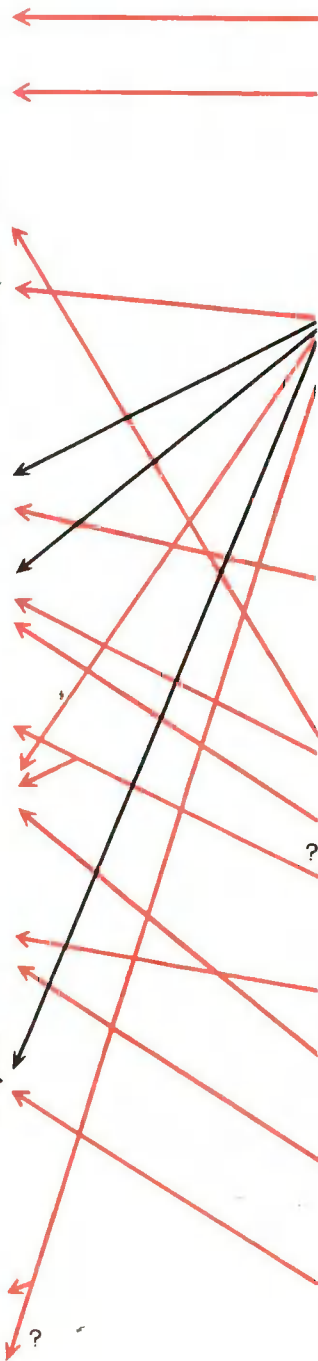
Pyr-Gln-Arg-Leu-Gly-Asn-Gln-Trp-Ala-Val-Gly-His-Leu-Met

АНТГ (4-7-10)

Ser-Tyr-Ser-Met-Glu-His-Phe-Arg-Trp-Gly

вазопрессин

Cys-Tyr-Phe-Gln-Asn-Cys-Pro-Lys-Gly



Давно было известно, что другой периферический пептид — ангиотензин II — регулирует состояние сосудов, особенно почечных. К настоящему времени показано, что введение ангиотензина II в дозах  $10^{-3}$  мкг внутрь желудочков вызывает жажду. Регуляция выведения воды из почек и других тканей гармонически увязывается в данном случае с индукцией жажды одним и тем же регулятором<sup>2</sup>.

Все перечисленные пептиды образуются и на периферии, и в мозге. В отличие от них пептид, стимулирующий сексуальное поведение, так называемый рилизинг-гормон лютеотропина (люлиберин), синтезируется, по-видимому, лишь в мозге, преимущественно в гипоталамусе. Очень интересно сопоставить две его функции<sup>3</sup>. Первая, известная относительно давно, состоит в регуляции синтеза гормона лютеотропина гипофизом; в свою очередь, лютеотропин регулирует образование гормона желтого тела. При этом люлиберин — один из ведущих регуляторов репродуктивной функции животных. Одновременно он выполняет вторую функцию — прямо стимулирует сексуальное поведение. Люлиберин — один из пептидов, широко используемых в ветеринарии и медицине. Синтезировано большое число его аналогов, либо «сверхактивных», либо обладающих обратным действием. Заметим, что люлиберин, наряду с другими пептидами, стимулирует в эксперименте обучаемость животных.

Обратимся теперь к обширному семейству пептидов — регуляторов восприятия боли.

Наиболее изучены в этой группе опиоидные пептиды. В течение последних трех лет их перечень резко увеличился. Сейчас известен уже целый ряд неодинаковых по структуре и месту синтеза крупных опиоидных пептидов — эндорфинов, содержащих в качестве основного функционального участка пентапептид — метэнкефалин. Открыто также много новых эндорфинов, имеющих не метэнкефалиновый фрагмент, а лейэнкефалиновый фрагмент. Эти пептиды более стабильны, чем простейшие опиоидные пептиды, т. е. сами мет- и лейэнкефалины. Особенно же важно, что в них закодирован одновремен-

но ряд активностей, далеко выходящих за рамки противоболевых. По-видимому, каждый из эндорфинов, синтезирующихся при тех или иных воздействиях, включает строго определенный комплекс разнообразных функций, как поведенческих, так и соматических. Назовем хотя бы часть таких воздействий, сопряженных с различными эндорфинами: это снятие боли, ощущение удовольствия, переходящее в эйфорическое состояние; снижение подвижности, переходящее при определенных дозах в кататонию; нейролептическое действие; стимуляция некоторых форм памяти, а также ряд соматических эффектов, не рассматриваемых в настоящем обзоре. Почти все перечисленные функции сопряжены с энкефалиновым компонентом эндорфинов, хотя их количественный эффект может изменяться в зависимости от наличия и структуры других участков.

Рассмотрим теперь несколько подробнее активность отдельных опиоидных пептидов. Хорошо известно обезболивающее действие природных энкефалинов. Однако некоторые недавно открытые эндорфины, например динарфин, и синтетические аналоги энкефалинов в сотни и тысячи раз эффективнее изученных ранее природных опиоидов. Многие из них высокоэффективны не только при внутримозговом, но и при подкожном, внутривенном, внутрибрюшинном и других типах периферического введения.

В опытах по самостимуляции крыс введением в мозг энкефалинов<sup>4</sup> достоверно установлено быстрое развитие стремления инъектировать себе лей- и, в меньшей мере, метэнкефалин, в отличие от их тетрапептидного аналога или плацебо («пустышка» для контроля). Не менее важно, что в других экспериментах — с самораздражением через вживленные в мозг электроды специализированных «зон удовольствия» — эффект полностью снимался классическим антагонистом опиатов — налоксоном. Эти результаты, наряду со многими другими экспериментальными данными, указывают, что эндогенные опиоиды участвуют в формировании ощущений удовольствия и в феномене привыкания к наркотикам.

В настоящее время установлено, что эндогенные опиаты, хотя и не исчерпывают всю сложность патогенеза психиче-

<sup>2</sup> Neurosciences Res. Programm Bull., 1980, v. 16, p. 151.

<sup>3</sup> Peptides. Pros. XVI Amer. Pept. Symp., 1979, Rockford; Morley J. S.— Trends Pharmac. Sci., 1980, v. 1, p. 463.

<sup>4</sup> Ашмарин И. П.— Ж. патол. физиол. и эксп. терапии, 1982, № 4, с. 13.

ских болезней, но, несомненно, связаны с механизмами этой патологии, и в частности с шизофренией. Доказательствами тому служат данные о различных концентрациях эндогенных опиатов в крови у шизофреников, особенно при некоторых формах болезни.

Не исключено, что неоднозначность данных о роли эндорфиновых пептидов в патогенезе шизофрении и их перспективности как средств лечения этого заболевания обусловлена тем, что в эндорфинах совместно функционируют как собственно опиоидная — энкефалиновая последовательность, так и упоминавшаяся выше самостоятельная нейролептическая структура.

Наконец, рассматривая роль опиоидных пептидов в патогенезе психических болезней, нельзя не упомянуть о так называемых экзорфинах — эндорфиноподобных фрагментах казеина и глютена — белков молока и хлеба. Выказываются предположения, что из-за некоторых нарушений активности пептидаз тонкого кишечника экзорфины не расщепляются до аминокислот, а всасываются и воздействуют на психику.

В числе пептидов, подавляющих боль, недавно стали упоминать нейротензин. Этот олигопептид может проявлять анальгетическое действие. Особенно интересно, что эффект нейротензина не снимается налоксоном и следовательно механизм его действия существенно отличается от опиатов.

Еще один олигопептид, так называемое вещество P, давно рассматривается как участник процесса передачи болевых импульсов. В ряде случаев он выступает как антагонист энкефалинов и эндорфинов: например в упоминавшихся экспериментах по самовведению экспериментальным животным энкефалинов.

В семействе пептидов боли не следует забывать и о брадикиnine—пептиде преимущественно периферического происхождения (хотя недавно он найден и в мозге), который образуется при травматических и воспалительных процессах и является признанным индуктором боли.

Выше отмечалось уже подавляющее действие опиоидных пептидов на двигательную активность. Уместно в этой связи указать на ряд пептидных регуляторов, обладающих обратным действием — стимулирующих подвижность. Они интересны также тем, что связаны с агрессивным поведением экспериментальных животных. Первый из них — тафцин — имеет исклю-

чительно периферическое происхождение и был впервые открыт и изучен как фактор неспецифического иммунитета<sup>5</sup>. Сейчас установлено, что он является стимулятором двигательной активности в физиологических концентрациях в течение первых 7—15 минут после введения и, кроме того, повышает агрессивность экспериментальных животных. Последний эффект приписывают также обнаруженному недавно в моче пептиду довольно простой структуры<sup>6</sup>. Наконец, в числе стимуляторов двигательной активности следует упомянуть рилизинг-гормон тиреотропина — тиреолиберин. В этом случае нет указаний на одновременную стимуляцию агрессивности. Интересно, что, подобно люлиберину, этот пептид непосредственно действует на поведение, в то время как другую свою функцию — регулятора щитовидной железы — он осуществляет опосредованно, действуя на выделение тиреотропина из гипофиза. Тиреолиберин известен также как одно из средств лечения паркинсонизма и общий стимулятор «хорошего настроения» у людей.

Весьма важным было бы подробное рассмотрение здесь пептидов—регуляторов сна. Однако это пока область, где преобладают противоречивые данные. Так, в отношении ряда описанных в литературе пептидов, полученных из мозга или спинномозговой жидкости лишенных сна животных, обладающих как будто бы мощным снотворным действием в малых дозах, нет пока широко апробированных сведений о первичной структуре. Лишь недавно получены указания на близость их структуры к мюрамил-пептидам — характерным компонентам оболочек бактерий. Что же касается двух широко изучавшихся вероятных регуляторов сна с установленной структурой — так называемого пептида дельта-сна и вазотоцина, — то первый, по-видимому, служит фактором, не индуцирующим непосредственно сон, а лишь «предрасполагающим ко сну», а второй — фактором не сна, а снижения двигательной активности<sup>7</sup>. Не исключено, что столь сложный процесс, как сон, требует одновремен-

<sup>5</sup> Андреев С. М., Анохин К. В., Антонова Л. В. и др.— Доклады АН СССР, 1980, т. 253, № 2, с. 498.

<sup>6</sup> Psychopharmacology of aggressiveness. N. Y., 1979.

<sup>7</sup> Титов С. А., Воскресенская О. В., Шамакина Н. Ю., Ашмарин И. П.— Доклады АН СССР, 1982, т. 264, № 5, с. 1269.

ного участия ряда регуляторов, в том числе ряда нейропептидов.

Очень интересны первые данные о комплексной регуляции пептидами такого сложного процесса, как зимняя спячка. Полагают, что в этом участвуют бомбезин — пептид, известный главным образом способностью снижать температуру тела, — опиоидные пептиды и упоминавшиеся выше пептиды, непосредственно участвующие в регуляции сна<sup>8</sup>.

Весьма важной представляется роль пептидных регуляторов обучаемости и памяти. В настоящее время выявлены пептиды, без которых эти функции мозга нарушаются. Внутримозговое введение антител, связывающих пептид вазопрессин, ведет к забыванию навыка, которому животное обучалось за несколько часов до введения<sup>9</sup>. Индукция образования антител к фрагментам адренокортикотропного гормона, состоящим из 4, 7 или 10 аминокислотных остатков — АКТГ (4—7—10) — тормозит и сам процесс обучения<sup>10</sup>.

Вазопрессин и АКТГ стимулируют память и обучаемость в относительно малых дозах: 0,01—1 мкг/кг при введении в желудочки мозга и 1—15 мкг/кг при внутривentricularных и подкожных инъекциях. Однако характерно, что это действие в наибольшей мере проявляется при тех или иных нарушениях памяти экспериментального животного.

В настоящее время идет внедрение в клинику вазопрессина для лечения некоторых нарушений памяти<sup>11</sup>. В том же направлении развиваются исследования фрагментов АКТГ и их аналогов.

В организме найдены также пептиды, способные подавлять запоминание (окситоцин и дезтирозил-гамма-эндорфин). Повидимому, забывание или торможение запоминания необходимы в определенных ситуациях деятельности мозга<sup>12</sup>.

В первой половине 70-х годов широко обсуждались эксперименты Г. Унгара, его сотрудников и последователей, которые пытались экспериментально перенести с помощью олигопептидов некоторые навыки от обученного животного к необученному<sup>13</sup>. Чрезвычайная методическая трудность таких экспериментов, сложность трактовки результатов, а также ряд ошибок, допущенных упомянутыми авторами, не позволяют пока однозначно решить вопрос о возможности переноса навыка пептидами. Пока достоверным можно считать лишь участие ряда пептидов в механизмах стимуляции или подавления памяти в целом.

Развитие исследований регуляторных пептидов, и в том числе пептидов — регуляторов поведения, настолько стремительно, что иногда возникает опасение, не является ли это своеобразной «научной модой». Однако все, что мы узнали к настоящему времени о малых пептидах, убеждает в том, что это самостоятельный широкий класс регуляторов.

Более того, есть очевидные свидетельства, что действительные масштабы системы пептидных регуляторов мозга (вероятно, в десятки раз) превышают то, что нам известно сейчас. Достаточно обратить внимание на целый ряд обнаруженных в мозгу пептидов, функции которых пока неизвестны. Только лишь простейшие из них — дипептиды и некоторые трипептиды — насчитываются уже десятками. Следовательно, сколь бы богата ни была уже накопленная информация о нейропептидах, это еще только начало пути.

В заключение хочется подчеркнуть ограниченность накопленных знаний о возможных механизмах действия нейропептидов на различные стороны поведения. Интенсивные поиски и изучение рецепторных образований, с которыми непосредственно связываются нейропептиды, исследование их локализации и связей — таковы лишь ближайшие этапы на пути раскрытия механизмов действия этих регуляторов.

<sup>8</sup> Kalter V. G., Folk G. E.— *Comp. Biochem. Physiol.*, 1979, v. 63A, p. 7.

<sup>9</sup> Wimersma Greidanus T. B. van, Wied D. de — *Behav. Biol.*, 1976, v. 18, № 3, p. 325.

<sup>10</sup> Антонова Л. В., Бурбаева Г. Г., Ашмарин И. П., Каменский А. А.— Доклады АН СССР, 1981, т. 258, № 6, с. 1477.

<sup>11</sup> Legros J. J., Gilot P., Seron X. et al.— *Lancet*, 1978, № 8054, p. 41; Oliveros J. C., Jandali M. K., Temist-Berthier M. et al.— *Ibid.*, p. 42; Anderson L. T., David R., Bonnet K., Dancis J.— *Life Sci.*, 1979, v. 24, № 10, p. 905.

<sup>12</sup> Wied D. de — *Proc. Roy. Soc. B.*, 1981, v. 240, p. 183.

<sup>13</sup> Ungar G.— *Int. Rev. Neurobiol.*, 1975, v. 17, p. 37.



## Поиски «гормона сна»

В. М. Ковальзон



Владимир Матвеевич Ковальзон, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Института эволюционной морфологии и экологии им. А. Н. Северцова АН СССР. Нейрофизиолог. Занимается проблемами физиологии сна. В «Природе» опубликовал статью: Парадоксы парадоксального сна (1982, № 8).

А ведь сон — это тоже вещьца,  
Soft embalmer, Синяя птица,  
Эльсинорских террас парапет.

Анна Ахматова

Для чего мы спим? Люди давно уже задумывались над тем, что нарастающее желание уснуть после продолжительного бодрствования и чувство свежести, отдыха после сна может быть связано с накоплением и распадом в организме каких-то веществ. Еще в начале века французский физиолог А. Пьерон сформулировал известную теорию «гипнотоксинов», накапливающихся в организме во время бодрствования и разрушающихся во сне, и даже указал на белковую природу этих токсинов. Теория Пьерона, однако, была основана больше на интуиции, чем на фактическом материале. Вот как строились его опыты: собакам в течение нескольких суток не давали спать, затем спинномозговую жидкость (ликвор) этих собак-доноров без всякого наркоза или обезболивания вводили прямо в IV желудочек мозга собак-реципиентов. От такой процедуры собаки, видимо, впадали в коматозное состояние. В качестве контроля А. Пьерон и его сотрудник Р. Лежандр вводили собакам-реципиентам ликвор от группы доноров, которых не лишали

сна. Однако в то время еще ничего не знали о принципиальных различиях между естественным сном и целым рядом внешне похожих на него бессознательных состояний, в том числе комы, наркоза и других<sup>1</sup>. Сегодняшнему читателю ясно, что четких различий между двумя группами доноров по поведению реципиентов обнаружено быть не могло<sup>2</sup>. Однако сам Пьерон полагал, и до сих пор принято считать, что эти опыты, при всем их несовершенстве, подтвердили существование химических передатчиков сна.

Прошло немало лет, прежде чем два американских исследователя Дж. Шнедорф и А. Айви (1939) решили проверить опыты

<sup>1</sup> См. подборку статей «Наука о сне сегодня»: Природа, 1977, № 8, с. 28; Ковальзон В. М.— Природа, 1982, № 8, с. 74.

<sup>2</sup> Legendre R., Pieron N. Исследование потребности во сне после продолжительного бодрствования.— В сб.: Физиология сна. М., 1928, с. 113; см. также: Природа, 1982, № 8, с. 79.

Лежандра и Пьерона со всей тщательностью, которую позволял тогдашний уровень методической техники<sup>3</sup>. Итог этой работы был весьма сходен с результатами их предшественников: убедительных отличий ликвора «утомленных» собак от ликвора контрольных по поведению собак-реципиентов получить не удалось. Однако результаты снова были интерпретированы в пользу теории «гипнотоксинов». Быть может, именно неубедительность этих двух исследований, а также, несомненно, успехи в изучении нервной регуляции цикла сон —

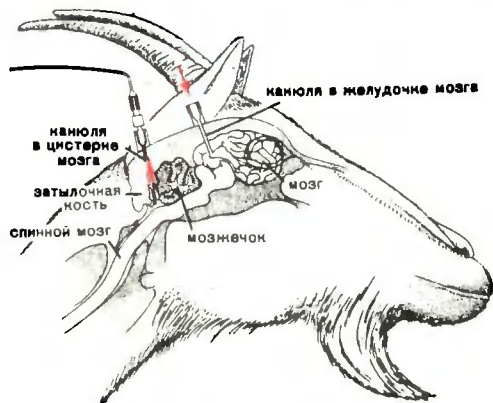


Схема опытов Дж. Паппенхаймера. Фактор сна выделяли из спинномозговой жидкости, которую отсасывали через канюлю, введенную в большую цистерну мозга. Одновременно для компенсации через переднюю канюлю в III желудочек мозга вводили спинномозговую жидкость.

бодрствование, достигнутые в этой области физиологии, привели к тому, что эти исследования были надолго забыты.

Лишь лет 20 назад о них вспомнил Дж. Паппенхаймер (США), занимавшийся в то время физиологией дыхания. Он и его сотрудники разработали простую и удобную методику взятия ликвора из головного мозга коз. Дело в том, что затылок коз устроен так, что эту операцию можно проводить без боли и травм. Не имея ни опыта, ни особого интереса к проблеме сна, Паппенхаймер решил тем не менее повторить на современном уровне старые опыты Пьерона. Схема эксперимента была довольно проста: как только коза, стоявшая в станке, опускала голову, чтобы расслабиться, ее били слабым током по хвосту. Эту процедуру повторяли в течение суток,

а затем взятый у козы ликвор вводили крысам-реципиентам прямо в боковой желудочек мозга. (Ясно, что в такой ситуации выгодно работать с крупными донорами и мелкими реципиентами: тогда небольшое количество ликвора можно ввести большому количеству подопытных животных.) Крысы находились в специальных камерах с фотозащитами, где автоматическими фиксировалась их двигательная активность. Ликвор вводили перед тем, как в помещении выключали свет. Обычно на свету крысы больше спят, а в темноте бегают, но после введения ликвора от неспящих коз их двигательная активность статистически достоверно снижалась по сравнению с контрольными крысами, которым вводили ликвор нормально спящих коз. Результаты произвели на Паппенхаймера такое впечатление, что он забросил свои прежние увлечения и с тех пор усердно занимается поисками химического передатчика сна, который, как сразу стало ясно, не имеет видовой специфичности и, следовательно, может быть использован в медицине<sup>4</sup>.

С целью выделения, очистки и идентификации активного вещества из ликвора лишенных сна коз и овец Паппенхаймер объединил свои усилия с биохимиками М. Карновским и Дж. Крюгером. Работа оказалась несравненно более трудной, чем предполагалась вначале. Прежде всего исследователи недооценили количество исходного материала, необходимого для химического анализа. Сразу же стало ясно, что искомым фактор (или факторы) — белковой природы. При выделении биологически активных пептидов, например гормона тирoliberина, Р. Гвилминот и А. Шелли (1969) или медиатора «вещество Р» М. Чангом и С. Лиманом (1970) (обе эти работы удостоены Нобелевской премии) были использованы тонны мозгов от сотен тысяч животных (свиней или крупного рогатого скота). Это уже не «добыча радица — в грамм добыча, в год труды». Здесь, пожалуй, в микрограмм добыча, в десять лет труды... За 4 года группе Паппенхаймера удалось собрать 5 литров ликвора лишенных сна коз. Было выяснено, что активное вещество — низкомолекулярный пептид, но его содержалось слишком мало для химического анализа. Затем исследователи обнаружили, что искомым пептид неизвестной структуры содержится, хотя и в меньших концентрациях, в стволах мозга крупно-

<sup>3</sup> Schnedorf J. G., Ivy A. C.— Amer. J. Physiol., 1939, v. 125, № 3, p. 491.

<sup>4</sup> Pappenheimer J. R.— Scient. Amer., 1976, v. 235, № 2, p. 24.

го рогатого скота, полученных с бойни, а также в целых мозгах кроликов. Группа начала выделение из этого материала, используя уже известные к тому времени методы Чанга и Лимана. Полученные высокоактивные фракции проверялись на крысах, кроликах, кошках и обезьянах. Было показано, что введение ничтожного количества (50 нг) препарата в желудочек мозга кроликов в течение последующих 6 часов увеличивает состояние сна на 40—50% по сравнению с контрольными животными, которым вводили другие фракции исходного продукта, очевидно, не содержащие активного вещества. Обычно, судя по полиграфическим<sup>5</sup> критериям, кролики спят около 40% времени, а под влиянием фракции, содержащей «пептид сна» Паппенхаймера, они спали 60—70% времени. Характерно, что по всем показателям это был не наркотический, а естественный сон, напоминающий восстановительный сон, который возникает у экспериментальных животных, когда после длительной «бессонницы» им, наконец, дают возможность отоспаться.

Исследователи обратили внимание, что «добавочный сон» появляется лишь спустя длительное время после введения и достигает максимума через несколько часов. Это навело их на мысль, что пептид, за которым они охотятся, видимо, достаточно устойчив по отношению к разрушающему воздействию ферментов — протеаз. А если это вещество не успевает полностью разрушиться, то оно может из ликвора всосаться в венозную кровь и через почки поступить в мочу, подобно многим другим хорошо изученным биологически активным веществам. Используя аналогичный метод очистки, ранее применяемый для ликвора и мозга животных, исследователи действительно обнаружили в моче искомым пептид. Получив такой неиссякаемый и даровой источник «гормонов сна», группа Паппенхаймера с новыми силами принялась за работу. За последующие 5 лет было переработано 3 тонны мочи. Для тестирования получаемых фракций было проведено 1000 опытов на 200 кроликах, всего 10 тыс. часов записей. В 1981 г. сотрудник Паппенхаймера Дж. Гарсия-Аррарас показал, что в 0,5 л мочи человека находится столько «пептида сна», что его достаточно для двух часов добавочного сна по сравнению с контролем у подопытных кошек. Увеличение количества вводимого

вещества не увеличивало продолжительность сна.

Наконец, в 1982 г. был обнаружен состав выделенного пептида<sup>6</sup>. Результат оказался настолько неожиданным, что встречен, и надо думать вполне обоснованно, с некоторым недоверием. Искомый фактор оказался мурамилгексапептидом, содержащим мурамил-кислоту, остатки аланина, глутамина, глутаминовой кислоты, диаминопимелиновой кислоты и глицина, т. е. представителем пептидогликанов, глюконопептидов, содержащихся в клеточных стенках бактерий, но никогда не обнаруживаемых ранее в организме высших животных. Бактериальные мурамилпептиды известны как мощные пирогены (вещества, повышающие температуру тела) и иммуностимуляторы. Уже в силу одного этого кажется невероятным, что их представители могут циркулировать в крови здорового человека... Возможно следующее объяснение: в глубинных структурах мозга, там, где находятся участки, ответственные как за терморегуляцию, так и за регуляцию цикла сон — бодрствование, имеются нейроны — рецепторы мурамилпептидов. Одним из веществ, взаимодействующих с ними в норме и содержащихся в самом организме, и является выделенный группой Паппенхаймера пептид. Что же касается бактериальных мурамилпептидов, то они вызывают чрезмерную активацию этих рецепторов, что и проявляется в лихорадке и других реакциях. Исходя из такой гипотезы, сотрудник Паппенхаймера Крюгер заинтересовался вопросом, не оказывают ли и бактериальные мурамилпептиды в малых дозах снотворных эффектов? По его утверждению (1982), введение в боковой желудочек мозга долей микрограмма синтетического мурамилдипептида (МДП), а также периферические введения МДП вызвали значительное увеличение последующего сна у кроликов, в то время как у крыс и у кошек гипногенного эффекта выявить не удалось: после введения препарата у животных сокращалась продолжительность сна и нарушалась его структура.

Но если бактериальные пептидогликаны в малых дозах также оказывают на кроликов снотворный эффект и если вспомнить, что пептидогликан, например, кишечной палочки, состоит из тех же остатков мурамидовой, глутаминовой, диаминопимелиновой кислот и аланина, то не является

<sup>5</sup> Полиграфией в физиологии называют одновременную регистрацию ряда показателей, в первую очередь биоэлектрической активности головного мозга, глаз и мышц шеи.

<sup>6</sup> Krueger J. M. et al. — J. Biol. Chem., 1982, v. 257, № 4, p. 1664.

ли выделенный группой Паппенхаймера пептид артефактом, результатом случайного загрязнения? В одной из своих последних публикаций авторы подробно обсуждают эту возможность и отклоняют ее. Следует, однако, сказать, что их доводы носят косвенный характер. Окончательный ответ можно будет, очевидно, дать лишь после установления полной структуры этого пептида.

Заинтересовавшись опытами Паппенхаймера, группа японских исследователей (К. Учизоно, Х. Нагасаки и др.) также решила взяться за поиски «фактора сна». Они применили такую методику лишения сна: группу крыс содержали в клетках с металлическим полом; как только хотя бы одна из крыс сворачивалась клубочком, чтобы заснуть, вся компания получала удар током по лапам. Через сутки всех крыс забивали, извлекали мозг и отделяли его ствол (глубинную часть) для дальнейшей работы. Когда накопили мозги от тысячи таких крыс, начали выделение и концентрацию активной фракции. Тестирование проводили на крысах и кроликах, а когда стало ясно, что в мозге лишенных сна крыс действительно содержится какое-то вещество, которое при внутримозговом или внутрибрюшинном введении продлевает сон и снижает двигательную активность у животных-реципиентов разных видов, то перешли на тестирование на мышах, чтобы уменьшить количество вводимого вещества. В результате многолетних упорных поисков была выделена и очищена активная фракция, содержащая какой-то полипептид и обладающая выраженными гипногенными свойствами в весьма низкой концентрации. Этот полипептид имеет в своем составе два или более активных фрагмента, структура которых еще не расшифрована.

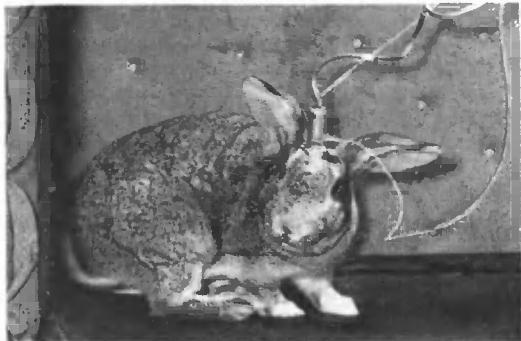
Вероятно, читатель уже обратил внимание, что, начиная с опытов Пьерона, для лишения сна применялись довольно-таки суровые методы. Возникает вопрос: не может ли возникающая при этом стресс-реакция, которая, как хорошо известно, сопровождается мощным выбросом в организме гормонов и других биологически активных веществ, повлиять на результаты биохимических выделений? То ли мы извлекаем, что ищем?

Примерно такие вопросы задавал себе швейцарский физиолог М. Моннье, размышляя об опытах Пьерона. Он решил

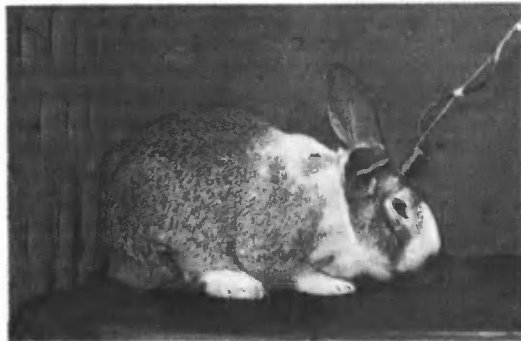
пойти иным путем, основываясь на классических работах известного швейцарского физиолога, нобелевского лауреата В. Гесса, который еще в 40-х годах показал, что низкочастотное электрическое раздражение определенных глубинных областей мозга подопытных кошек вызывает у них сон. Моннье решил проверить, не связан ли этот «электросон» с появлением в крови каких-то определенных химических веществ? С этой целью была проведена серия с перекрестным кровообращением двух кроликов, когда кровь, оттекающая от мозга одного кролика, попадала прямо в кровь, поступающую к мозгу другого кролика. Действительно, оказалось, что при раздражении «центров сна» первого кролика на рисунке электрической активности головного мозга второго кролика в паре с перекрестным кровообращением наблюдались признаки дремоты и сна. Наоборот, при раздражении так называемых центров бодрствования (такие области в мозге были открыты в конце 40-х годов Г. Мэгунем и Дж. Морucci) у реципиента отмечалась низкоамплитудная быстрая активность в электроэнцефалограмме, типичная для бодрствования.

Нельзя сказать, что результаты, полученные Моннье с соавторами, были очень ярко выражены, но они достигали статистической достоверности. В следующей серии опытов венозная мозговая кровь кроликов-доноров после сеанса раздражения центра сна подвергалась диализу в аппарате «искусственная почка». Было показано, что диализат, перенесенный в мозг (в III желудочек) кролика-реципиента, также способен вызывать электрофизиологические признаки сна — так называемые дельта-волны в активности мозга. Оказалось, что эффективное вещество находится в белковой части диализата, а именно в низкомолекулярной фракции (с молекулярным весом менее тысячи дальтон). Высокомолекулярная же фракция содержала «фактор бодрствования». Объединившись с биохимиком Г. Шоненбергером, группа Моннье — Шоненбергера в течение 15 лет вела сложнейшие исследования по выделению и очистке из крови усыпленных кроликов своего фактора, названного ими «дельта-сон индуцирующий пептид» (ДСИП). Были применены самая современная техника микрохимического анализа и новейшие анализаторы и компьютеры для автоматической обработки результатов биологического тестирования каждого этапа выделения. Казалось, работа увенчалась полным успехом:

<sup>7</sup> Uchizono K. et al. Sleep-promoting fractions obtained from the brain-stem of sleep-deprived rats.— In: Integrative control functions of the brain. Amsterdam, 1978, v. 1, p. 392.



Кролик в экспериментальной камере во время введения препарата (слева) и спящий кролик после введения ему препарата. Подключение к регистрирующим приборам не беспокоит животных.



в 1977 г. была опубликована формула нонапептида  $\text{Trp—Ala—Gly—Gly—Asp—Ala—Ser—Gly—Glu}$ <sup>8</sup>. Его синтетический аналог при введении в III желудочек мозга кроликов в дозе 7 мкг/кг веса тела вызывает через 20 минут статистически значимое увеличение дельта-волн в электроэнцефлограмме по сравнению с контролем<sup>9</sup>. Эффект сохраняется 1,5 часа и постепенно сходит на нет. Еще до окончательной очистки пептида стало ясно, что он резко отличается от факторов Паппенхаймера и Учизоно.

Опубликование формулы ДСИП вызвало взрыв энтузиазма у нейрохимиков, поспешивших объявить о существовании «пептидов сна» наряду с уже хорошо известными «пептидами боли», «пептидами памяти» и т. д. Однако специалистами по сну это сообщение было встречено довольно прохладно. Задавались вопросы: действительно ли этот пептид вызывает полноценный естественный сон, ведь его выделение проводилось лишь, опираясь на машинную обработку некоторых характеристик электрической активности головного мозга, которые являются хотя и необходимыми, но недостаточными признаками физиологического сна. Можно высказать и ряд других критических замечаний в адрес этой работы. Однако в том же году были опубликованы данные, казалось бы,

снимающие все возражения. При введении кроликам внутривенно в дозе 30 мкг/кг ДСИП вызывал заметное (на 25%) и достоверное увеличение всего сна (главным образом медленноволновой фазы), по крайней мере, в последующие 4 часа. Как уменьшение, так и увеличение этой дозы приводит к исчезновению эффекта. Такая П-образная кривая зависимости эффекта от дозы характерна и для некоторых других нейропептидов при периферическом введении. В последующие годы было показано, что ДСИП эффективен при периферическом введении кошкам, крысам, мышам, а также здоровым испытуемым и больным бессонницей. Все ведущие фирмы, специализирующиеся на синтезе для лабораторных целей белковых препаратов, организовали коммерческий выпуск этого пептида, и он стал доступен для всестороннего анализа. В нашей стране ДСИП, а также ряд его структурных аналогов, был синтезирован в Москве в лаборатории химии пептидов Института биоорганической химии им. М. М. Шемякина АН СССР (В. Т. Иванов, И. И. Михалева, А. С. Саргсян, Л. В. Сумская и др., 1981), а также на кафедре химии природных соединений химического факультета Ленинградского государственного университета (В. Н. Калиевич и С. И. Чуркина, 1981).

Приступая к тестированию ДСИП, автор этих строк и его коллега В. Л. Цибульский не рассчитывали наблюдать сильные «снотворные» эффекты, но во всяком случае, были вполне уверены, что эти эффекты будут статистически достоверны. Действительно, первые серии с внутривенным введением пептида кроликам и внутримозгового (в боковой желудочек) крысам, казалось, подтверждали существование именно таких «мягких» свойств при низких дозах, которые характерны для физиологического действия многих нейропептидов. Предполагалось, что по мере продолжения опытов эффект достигнет ста-

<sup>8</sup> Этими символами обозначаются остатки аминокислот, входящие в состав белков или пептидов: Trp — триптофана, Ala — аланина, Gly — глицина, Asp — аспарагиновой кислоты, Ser — серина, Glu — глутаминовой кислоты.

<sup>9</sup> Schoenenberger G. A. et al. — Pflügers Arch. Ges. Physiol., 1977, v. 369, № 2, p. 99; 1978, v. 376, № 2, p. 119.





зывать об этом еще преждевременно, но, в самом общем виде, можно говорить о том, что некоторые модификации структуры исходной молекулы могут давать такие аналоги ДСИП, которые стабильно проявляют выраженную «снотворную» активность, по крайней мере при введении в мозг. Такие данные получены нами<sup>11</sup>, а также группой Шоненбергера, хотя и с совершенно различными аналогами ДСИП. В этой связи целенаправленный синтез и тестирование различных структурных аналогов ДСИП представляет значительный интерес для дальнейших исследований.

Теперь необходимо рассказать еще об одном курьезе, связанном с так называемыми пептидами сна. У холоднокровных животных в задней доле гипофиза имеется пептидный гормон аргининвазотоксин (АВТ), вызывающий целый комплекс физиологических реакций. У млекопитающих этот гормон имеет несколько другое строение и называется аргининвазопрессином, или просто вазопрессином. Недавно группа румынских эндокринологов (С. Павел и соавт.) опубликовала ряд статей, в которых доказывалось, что у млекопитающих АВТ вовсе не исчез, а лишь перекочевал из гипофиза в эпифиз, где регулирует выброс гормона эпифиза мелатонина и медиатора нейронов серотонина<sup>12</sup>. Поскольку серотонин, по некоторым данным, участвует в регуляции сна, решено было проверить, как влияет синтетический АВТ на сон кошек. Как показали С. Павел и Р. Гольдштейн, введение в III желудочек мозга кошки совершенно ничтожной дозы АВТ — порядка  $10^{-18}$  г (около 600 молекул) — либо внутривбрюшинно в дозе 1 мкг, вызывает быстрое засыпание, хотя суммарное количество сна за последующие несколько часов не меняется; при этом парадоксальный сон полностью подавляется. Весьма сомнительно, что такое действие пептида является «снотворным», как его называли авторы, однако дальнейшие исследования на крысах тех же двух групп (Тоблер и Борбелли; Мендельсон и соавт.), которые получили отрицательные результаты с ДСИП, не смогли подтвердить и какого-либо влияния на сон у АВТ. Более того, на I Европейском коллоквиуме по эпифизу

были представлены данные, что само определение АВТ было ошибкой: его нет ни в эпифизе, ни в гипофизе, ни в целом мозге млекопитающих. Вся обширная серия исследований Павла и соавт. представлялась большим артефактом. Здесь сложилась ситуация, аналогичная положению с ДСИП: румынские авторы продолжают настаивать на физиологической роли АВТ у млекопитающих, публикуют данные о его действии на сон лабораторных животных, испытуемых-добровольцев и больных некоторыми формами нарушений сна, не вступая в полемику с оппонентами по поводу того, почему их данные не воспроизводятся в других лабораториях. Разумеется, такой подход, как и в случае с ДСИП, не может разрешить противоречий и выяснить истину и лишь усиливает «дух сомнения и отрицания» по поводу «пептидов сна».

Однако в самое последнее время и в этой области, кажется, блеснул луч надежды... На II Европейском коллоквиуме по эпифизу, состоявшемся в 1981 г., были представлены данные по изоляции из эпифиза млекопитающих пептида, имеющего одинаковую с АВТ боковую цепь, но отличную циклическую структуру. Предполагается, что именно этот пептид и ответствен за эффекты, приписываемые АВТ, в частности за предполагаемое, хотя еще не доказанное, короткое «снотворное» действие, которое может представить интерес в комбинации, например, с некоторыми другими вышеописанными «пептидами сна».

Наконец, надо упомянуть об опытах крупнейшего специалиста по изучению сна М. Жуве (Франция), недавно показавшего, что и в регуляции парадоксальной фазы сна принимает участие какой-то химический фактор<sup>13</sup>.

У читателя может возникнуть вопрос — а нужно ли все это? Для чего тратить время и деньги на трудоемкие поиски каких-то «пептидов сна», которые, еще неизвестно, то ли есть, то ли их нет? Для ответа необходимо на некоторое время отвлечься от физиологии сна и химии пептидов и поговорить о фармакологии седативно-гипногенных веществ. В настоящее время население промышленно развитых стран широко пользуется снотворными. Сотни миллионов людей во всем мире страдают бессонницей, т. е. нарушениями

<sup>11</sup> Ковальзон В. М., Калихевич В. Н., Чурнина С. И. Тезисы V Всесоюзного симпозиума по целенаправленному изысканию физиологически активных веществ, Рига, 1983.

<sup>12</sup> Pavel S. The mechanisms of action of vasotocin in the mammalian brain.— In: Progr. Brain Res. Amsterdam, 1979, v. 52, p. 445.

<sup>13</sup> См.: Природа, 1982, № 7, с. 115.

сна в том или ином виде. Создание мягкого и безвредного снотворного лекарства — важная задача современной фармакологии. Долгое время наиболее сильными и распространенными снотворными служили различные соли барбитуровой кислоты (веронал и др.). В больших дозах эти вещества вызывают наркоз, а в умеренных — фармакологический сон на более или менее длительное время, который по своим характеристикам значительно отличается от естественного сна. С этими отличиями, в частности с подавлением парадоксального сна, нарушением цикличности и т. д., вероятно, связано чувство оглушенности, разбитости, возникающее обычно после приема барбитуратов. Кроме того, метаболиты этих препаратов далеко не безопасны и оказывают вредное воздействие на печень и почки. Наконец, случайная или преднамеренная передозировка барбитуратов очень опасна и может легко привести к смерти из-за остановки дыхания. Поэтому появление на мировом рынке лекарств новой группы препаратов — производных бензодиазепаина было встречено с большим воодушевлением фармакологами и врачами. Эти вещества оказывают в основном успокоительный эффект, но по крайней мере три из них: производимый в США флюразепам, производимый в Европе нитразепам (в наших аптеках — это зунуктин венгерского производства), а также отечественный препарат феназепам эффективны при лечении различных видов бессонницы.

Механизм действия этих веществ на центральную нервную систему до недавнего времени оставался неизвестным, однако несколько лет назад были обнаружены рецепторы бензодиазепинов в мозге мышей, а затем и других животных. Их изучение привело к представлению об активации молекулами бензодиазепинов тормозных систем гамма-аминомасляной кислоты в головном мозге, что и проявляется в «успокоении» на уровне поведения. Однако важно, что в системах мозга, связанных, по существующим представлениям, со сном, рецепторов бензодиазепинов не обнаружено. Следовательно, их действие на сон является, видимо, побочным и опосредованным. Действительно, при введении «снотворных» бензодиазепинов подопытным животным и здоровым испытуемым не наблюдается добавочного сна. Тем не менее ряд несомненных достоинств бензодиазепинов по сравнению с барбитуратами, усиленно раздуваемой рекламой, способствовал тому, что в 70-х годах флюразепам

и нитразепам вытеснили все другие снотворные препараты, причем домашние врачи стали их выписывать с той же легкостью, как и поливитамины. А ведь, в сущности, все препараты этого ряда рассчитаны на клиническое применение, т. е. под постоянным врачебным контролем. Наконец, в 1977 г. президент США отдал распоряжение об изучении последствий чрезмерного употребления снотворных в общенациональных масштабах. Была создана авторитетная комиссия, плодом двухлетней работы которой явился объемистый отчет, изданный в виде монографии под названием «Снотворные, бессонница и медицинская практика»<sup>14</sup>. Выводы комиссии оказались настолько неожиданными, что всколыхнули всю медицинскую и научную общественность. Во-первых, оказалось, что масштабы применения снотворных в США намного превышают все допустимые нормы: ежегодно население США потребляет примерно миллиард таблеток снотворных, в том числе сотни миллионов таблеток одного флюразепама! Аналогичные масштабы, как вскоре выяснилось, приняло потребление нитразепама в промышленно развитых странах Европы, например в ФРГ. Действительно, по ряду показателей эти лекарства намного превосходят все, что было до сих пор создано фармакологией: во-первых, они восстанавливают качественно нормальный сон, почти без нарушения цикличности и соотношения фаз и стадий. Тем не менее некоторые вестибулярные нарушения и ухудшение координации все же отмечаются, вследствие чего не рекомендуется водить автомобиль, работать на высоте и т. д. на следующий день после приема бензодиазепинов. Кроме того, опасность случайного или преднамеренного передозирования невелика: летальных исходов при этом не наблюдается. Однако, как выяснила комиссия, продукты распада флюразепама, накапливающиеся в печени, сами обладают остаточными седативными свойствами. Таким образом, при ежедневном приеме снотворного его эффекты накапливаются, и, соответственно, поведение нарушается, причем не только на следующий день, но и на второй и даже на третий день после окончания приема. Самое тревожное, что сам человек и окружающие часто не замечают никаких отклонений, однако в таких условиях, как, например,

<sup>14</sup> Sleeping Pills, Insomnia and Medical Practice. Washington, 1979.

вождение автомобиля, нарушение координации и увеличение времени реакции может стать роковым.

Ясно, таким образом, сколь опасно неумеренное потребление бензодиазепинов, о чем сознательно или из-за отсутствия необходимых исследований умалчивали фирмы-изготовители. После опубликования отчета комиссии в адрес этих фирм на страницах специальных журналов высказывалась весьма острая критика. Представители фирм огрызались, обвиняя своих оппонентов в инсинуациях, однако, в общем-то крыть им было нечем. Тем не менее могущественные фармацевтические фирмы продолжают тратить сотни миллионов долларов в год на разработку все новых и новых бензодиазепиновых препаратов. Лишь ничтожные проценты этой суммы расходуются на поиск альтернативных снотворных веществ.

Однако, по мнению ряда авторитетных специалистов, решение проблемы «идеального снотворного» лежит на пути

поиска и воссоздания химических регуляторов сна самого организма. Одну из своих статей Паппенхаймер заканчивает цитатой из сонета Китса «Ко сну» (откуда Анна Ахматова взяла «soff embalmer» — нежный утешитель). «...ты, который осторожно поворачивает ключ... замыкая тихие вместилища душ», Возможно, этим ключом, пишет ученый, и является маленький пептид\*

\* Сложная и противоречивая ситуация с пептидами сна, которая довольно подробно освещена в нашей статье, послужила поводом к публикации двух статей-пародий — одной в шуточном американском журнале (*J. Irreproducible Results*, 1980, v. 26, p. 15), другой — в первоапрельском номере строго научного канадского журнала (*Canadian Medical Association Journal*, 1982, v. 126, p. 757). Поклонникам научного юмора мы предоставляем возможность познакомиться с последней публикацией (см. раздел «В конце номера») и оценить, насколько интересны и целесообразны подобные научные пародии.

## НОВОСТИ НАУКИ

ПРОБЛЕМЫ И ВОПРОСЫ

### Физиология

## Сон у ламантина

Ламантины и дюгоны — представители отряда сиреневых («морских коров») — относятся к исчезающим животным. Наряду с китообразными это единственные полностью водные млекопитающие. К сожалению, физиологические исследования сиреневых находятся в зачаточном состоянии.

Ныне в рамках сотрудничества между Академией наук СССР и Академией наук Кубы предпринята первая попытка электрофизиологического изучения американского ламантина (*Trichechus manatus*). Комиссия по охране флоры и фауны Кубы выдала разрешение на отлов одного ламантина для обширной программы морфологических и физиологических исследований этой группы животных. В ходе

ее реализации В. Е. Соколов и Л. М. Мухаметов (Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР) провели два многочасовых сеанса непрерывной регистрации электрической активности коры головного мозга, мышц шеи, сердца, а также частоты дыхания ламантина.

Подопытный ламантин — взрослый самец длиной более 3 м, весом 400 кг — содержался в бассейне с пресной водой. Адаптация к условиям опыта проходила в течение суток. Во время регистрации физиологических показателей с помощью вживленных электродов ламантин был малоподвижен, большую часть времени целиком находился под водой и изредка плавал по кругу.

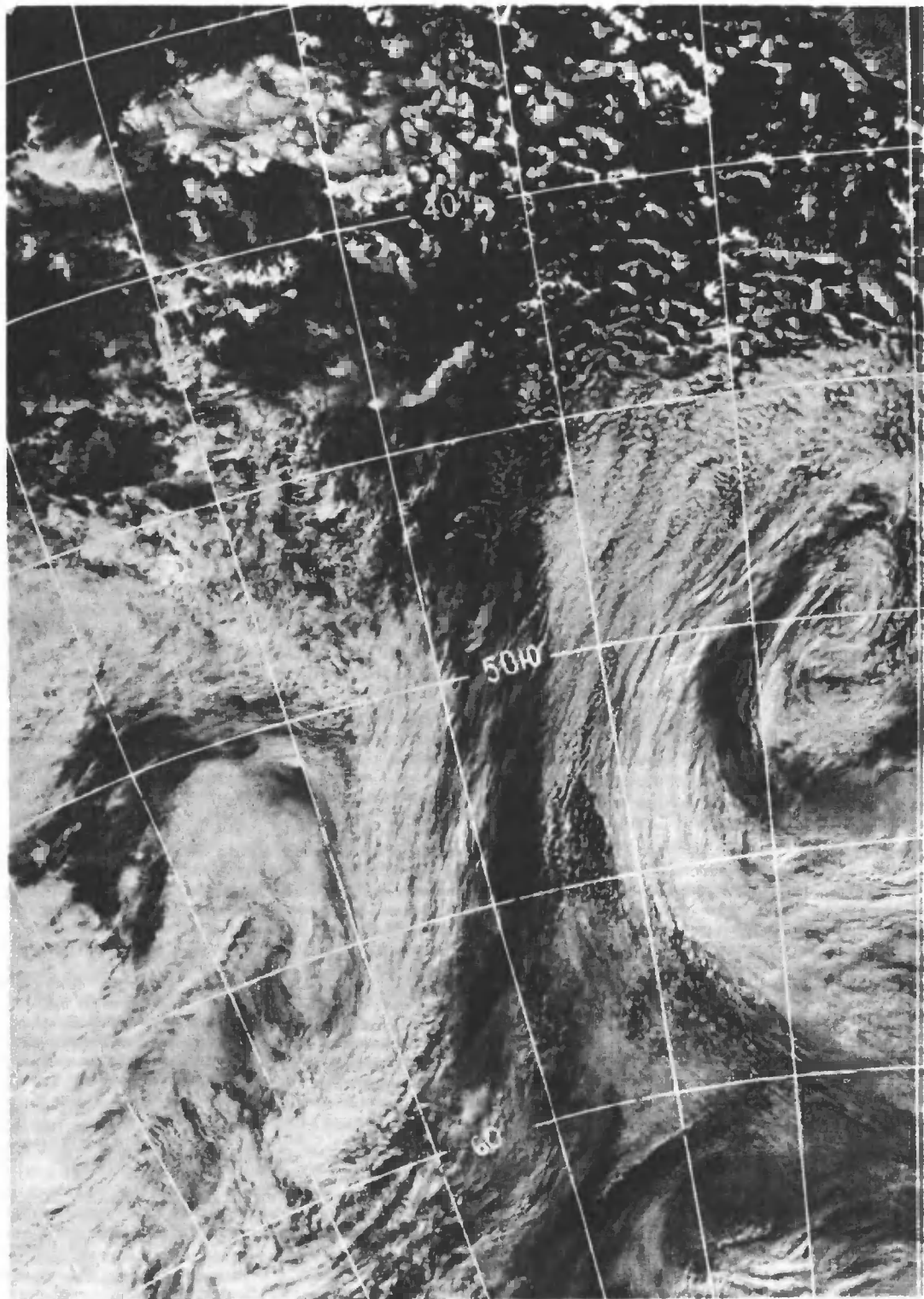
В электрической активности головного мозга животного обнаружены типичные для всех млекопитающих картины десинхронизации, соответствующие бодрствованию, и синхронизации, соответствующие медленноволновому (медленному)

сну. В отличие от дельфинов<sup>1</sup>, у ламантина медленные волны во всех случаях появлялись и исчезали в обоих полушариях одновременно. Сон отмечался преимущественно в ночное время; всего зарегистрировано за 28 часов 3 часа сна. Во время сна животное периодически просыпалось на несколько секунд для каждого дыхательного акта. В среднем дыхательная пауза длилась около 3,5 мин, максимальная до 8 мин.

Таким образом, сон ламантина — урывками во время дыхательных пауз с пробуждениями во время дыхательных актов — аналогичен организации сна у настоящих тюленей (каспийских тюленей) и в корне отличен от сна дельфинов.

Журнал эволюционной биохимии и физиологии, 1982, т. 18, № 2, с. 191—193.

<sup>1</sup> Подробнее см.: Сон у дельфинов. — Природа, 1982, № 6, с. 111; Уникальный сон дельфинов. — Природа, 1983, № 2, с. 115.



## Космические горизонты климатологии

К. Я. Кондратьев



Кирилл Яковлевич Кондратьев, член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией дистанционных методов Института озероведения АН СССР. Специалист в области физики атмосферы и космических исследований атмосферы. Автор ряда научных и научно-популярных работ по этим вопросам, и в том числе монографий: Радиационные факторы современных глобальных изменений климата. Л., 1980; Всемирная исследовательская климатическая программа: состояние, перспективы и роль космических средств наблюдений. М., 1982.

Каким будет климат через 10, 20 и 100 лет? На этот небезразличный для каждого жителя нашей планеты вопрос пытаются ответить специалисты в разных странах мира. Однако приходится констатировать, что в современной науке пока уживаются разные точки зрения на эту проблему. Так, Заявление Всемирной метеорологической организации об изменении климата гласит: «Наиболее вероятно дальнейшее похолодание», поскольку с 1940 г. средняя годовая температура на Земле понизилась на  $0,5^{\circ}\text{C}$ . При сохранении такой тенденции к понижению температуры в течение 200—300 лет на Земле может наступить новый ледниковый период. Правда, далее в Заявлении следует оговорка: «Суммарное влияние антропогенных факторов должно обуславливать эффект потепления»<sup>1</sup>. В то же время существует и другое мнение, высказанное известным советским климатологом М. И. Будыко, о

возможном катастрофическом потеплении к 2000 г., вызванном ростом выбросов тепла и углекислого газа современной промышленностью. Этот прогноз был сделан на основе теоретических оценок и анализа наблюдавшейся в 70-х годах тенденции к повышению температуры в некоторых районах Земли.

Существование разных мнений о будущих изменениях климата коротко можно объяснить цитатой из того же Заявления: «Современное понимание причин флуктуаций климата является рудиментарным». Теория климата чрезвычайно сложна из-за многообразия определяющих его природных факторов. Наложение на них так называемых антропогенных факторов делает прогноз еще более сложной задачей.

Известно, что свойства атмосферы определяют самые разные земные и не-земные факторы: долгопериодические внутренние флуктуации системы атмосфера — океан — континенты — криосфера, вариации солнечной постоянной, ультрафиолетовое излучение Солнца, приливы, возникающие под действием Солнца и Луны, смещение континентов и дрейф полюсов, выбросы в атмосферу различных веществ и т. п.

Мы попытались определить возможные факторы изменений климата к 2000 г. и получили довольно обширную таблицу,

<sup>1</sup> 28-я сессия Исполкома ВМО. Документ № 33, приложение В. 1976, июль, с. 3—4.

Таблица 1

Возможные факторы изменения климата к 2000 г.

Источник происхождения фактора	Фактор	Вероятность значительного изменения	Вероятность существенного влияния изменения фактора на климат	Главный климатический эффект	Характерное время изменений климата
Солнечный	Изменение солнечной постоянной	Низкая	Высокая	Потепление—похолодание	Месяцы и больше
	Вариации УФ-излучения	Высокая	Низко-умеренная	(Не ясно)	Дни и больше
Лунно-солнечный	Приливные возмущения	Высокая	Умеренная	Изменения облачности и осадков (1—10%)	Дни, недели и больше
Вулканический	Выбросы аэрозоля в атмосферу	Высокая	Умеренно-высокая	Похолодание (0,1—1°C)	Годы и больше
Антропогенный	Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере	Высокая	Умеренно-высокая	Потепление (1°C)	Столетие
	Рост запыленности атмосферы	Умеренная	Низко-умеренная	Потепление — похолодание	Дни и больше
	Рост содержания фреонов в атмосфере	Умеренная*	Умеренная	Потепление (0,1°C)	Десятилетие и более
	Уменьшение содержания озона, обусловленное оксидами азота, фреонами и др. Тепловые загрязнения	Умеренная*	Умеренная	Рост УФ-радиации (10%)	Годы и более
Океаны	Изменения подстилающей поверхности, обусловленные землепользованием	Умеренная	Умеренная (региональные эффекты)	Потепление, местные облака и штормы Изменения температуры и осадков	Последние десятилетия
	Изменение температуры поверхности океана	Высокая	Умеренно-высокая (региональные эффекты)	Изменения температуры и осадков	Месяцы и больше
Криосфера	Изменчивость полярных льдов	Низкая	Высокая	Подъем уровня моря, возможное оледенение	Годы и больше
	Вариации площади ледяного и снежного покрова	Высокая	Умеренная (региональные эффекты)	Изменения температуры и осадков	Месяцы и больше
Биосфера	Изменение растительности	Умеренная	Умеренная (региональные эффекты)	Изменения температуры и осадков	Годы и больше

\* Полагая, что с 1980 г. введены ограничения на производство фреонов.

хотя и в ней учтено далеко не все. Рассказ об изучении влияния каждого из этих факторов на климат занял бы немало места, поэтому мы остановимся лишь на

некоторых процессах, в исследовании которых достигнуты результаты, позволяющие надеяться на успешное решение проблемы прогноза.



## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ЗОНЫ ОКЕАНА

Один из таких процессов — взаимодействие атмосферы с океаном, гигантским резервуаром тепла. Обмен теплом, влагой и количеством движения между атмосферой и океаном в значительной степени определяют долговременные аномалии погоды и климата.

С помощью так называемого аппарата сопряженных уравнений термогидродинамики и специальным образом построенной теории возмущений Г. И. Марчуку и его сотрудникам удалось установить, что аномалии температуры в значительной степени обусловлены процессами, происходящими в различных районах Мирового океана, где в атмосферу переходит огромное количество тепла. Эти районы были названы энергетически активными зонами океана<sup>2</sup>.

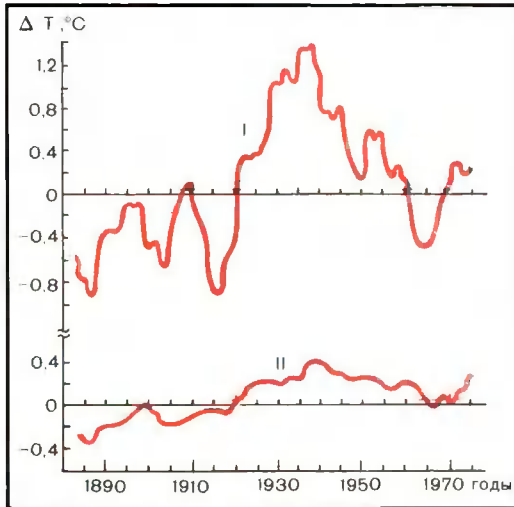
Существование этих зон было подтверждено построенными по данным наблюдений глобальными картами теплового баланса Мирового океана и найденными ранее эмпирическими связями между состоянием океана и последующей погодой.

Так, анализ данных по тепловому балансу Мирового океана показал, например, что в январе в Северном полушарии максимальные значения потоков тепла из океана в атмосферу наблюдаются в западной части Саргассова моря, к востоку от п-ова Ньюфаундленд, в Норвежском море и к востоку от Японии. Хотя площадь ньюфаундлендской и норвежской зон максимальной теплоотдачи составляет только 25% по отношению к площади Северной Атлантики, их вклад в суммарный поток тепла от поверхности океана к атмосфере севернее 40° с. ш. достигает 47%. В Южном полушарии в июле зоны максимальной теплоотдачи располагаются в районе пролива Дрейка, к югу от Африки, в районе Тасманова моря и к югу от 60° ю. ш. до Антарктиды. Энергетически активные зоны характеризуются наибольшей изменчивостью температуры поверхности океана. Многие из них связаны с теплыми течениями, направленными из низких широт в высокие. К числу таких течений принадлежат Гольфстрим и его продолжение в Северной Атлантике, а также Куроисио и его продолжение в Тихом океане.

Наличие энергетически активной зоны в проливе Дрейка обусловлено взаимо-

действием Антарктического циркумполярного течения, опоясывающего Антарктиду, с Перуанским и Бразильским течениями. Энергетически активная зона, располагающаяся к югу от Африки, связана с Агульским течением, а в Тасмановом море — с Восточно-Австралийским течением.

Особый интерес представляет тропический пояс Мирового океана, где поглощается гигантское количество солнечной радиации, часть которой переносится затем в высокие широты. По данным наблюдений, в полосе широт 10—30° с. ш. количество



Вековой ход изменений температуры воздуха Северного полушария. Исходя из наблюдавшихся в 70-х годах тенденций к повышению температуры, был сделан прогноз о глобальном потеплении климата к 2000 г. I — широтная зона 72,5—87,5° с. ш., II — широтная зона 17,5—87,5° с. ш.

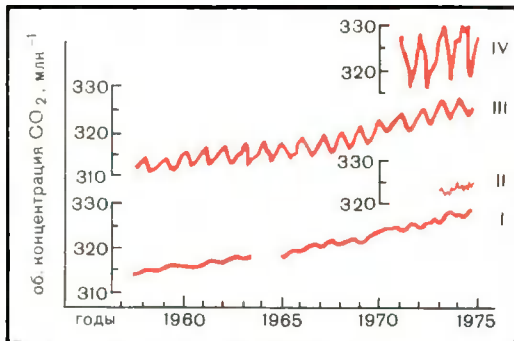
тепла, выделяемого верхним слоем океана, достигает 350 Вт/м<sup>2</sup>. К числу энергетически активных принадлежат также зоны миграции кромки полярных льдов, а также районы формирования мощных муссонных течений в Индийском и других районах Мирового океана.

Роль различных зон, с точки зрения их вклада в формирование долговременных аномалий погоды, значительно изменяется в течение года и от года к году. Выявление энергетически активных зон позволяет надеяться на значительные успехи в решении проблем долгосрочного климатического прогноза. Сосредоточив реально доступные средства обычных наблюдений

<sup>2</sup> Кондратьев К. Я. Мировой океан и долгосрочный прогноз погоды. — В сб.: Человек и стихия. Л., 1981, с. 29.

(в первую очередь суда) на слежении за развитием процессов в энергетически активных зонах (разумеется, следует учитывать их изменчивость и миграцию) и используя данные наблюдений со спутников, можно достичь более глубокого понимания явлений, управляющих долговременными аномалиями погоды и изменениями климата.

Уже сейчас в некоторых из этих районов начались работы по советской национальной программе «Разрезы», главной целью которой стали исследования



Изменение концентрации углекислого газа по данным наблюдений в различных пунктах Земли: I — Южный полюс, II — о-в Самоа, III — Мауна-Лоа (Гавайи), IV — м. Борроу (Аляска).

кратковременных (от месяца до нескольких лет) изменений климата, они проявляются в аномалиях некоторых метеорологических параметров (в первую очередь температуры) в крупных регионах Земли. Составными частями программы «Разрезы», опирающейся на концепцию энергетически активных зон океана, станут как натурные исследования в различных климатических ключевых районах, так и численные эксперименты с использованием полученных данных наблюдений.

#### МОНИТОРИНГ КЛИМАТА СО СПУТНИКОВ

Особую роль в изучении климата Земли и разработке его долгосрочных прогнозов приобретают исследования с искусственных спутников Земли, позволяющие осуществлять глобальный обзор ее атмосферы, океана, растительности и т. п.

Метеорологические спутники Земли существуют почти двадцать лет. С их помощью получена довольно полная информация о закономерностях распределе-

ния облачного покрова планеты. Мы научились определять количество, форму облаков, измерять температуру и высоту их верхней границы, различать фазовое состояние облаков, т. е. судить, являются ли они водными или ледяными.

Очень важную информацию принесли спутники об энергетике различных регионов земного шара и Земли в целом. С помощью этой информации определено, сколько энергии получают от Солнца разные области земного шара и сколько отдают в космос в виде теплового излучения. Оказалось, что сведения об энергетическом балансе Земли, полученные на основе наземных наблюдений, были неточными. Земля в среднем темнее и теплее, чем мы это знали до спутников. Темнее — это значит отражательная способность Земли — ее альbedo — ниже на несколько процентов, чем считалось ранее, а излучение Земли, определяемое эффективной температурой планеты, интенсивнее, так как эффективная температура выше на несколько градусов. Эти факты имеют очень важное значение для объяснения процессов формирования климата и их изменения.

Спутниковая метеорология показала, что вполне перспективно дистанционное зондирование атмосферы из космоса. Раньше мы получали сведения о температуре, давлении, влажности в основном при помощи так называемых аэрологических зондирований. На баллонах запускались датчики, которые позволяли осуществлять прямые измерения на высотах до 40 км. Но за последние 10—15 лет было показано, что аналогичные — но только не прямые, а косвенные — измерения можно производить и со спутников. Дело в том, что если измерять тепловое излучение на различных длинах волны, то таким образом можно как бы «расслоить» атмосферу, восстановить вертикальный профиль температуры или влажности в атмосфере.

Очень успешным оказался опыт определения скорости и направления ветра на различных высотах путем прослеживания перемещения облаков на последовательных (во времени) изображениях облачного покрова, получаемых при помощи геостационарных спутников (таких, которые, будучи выведенными на орбиту над экватором высотой около 37 тыс. км, имеют период обращения 24 часа и поэтому «зависают» над определенной точкой земного шара).

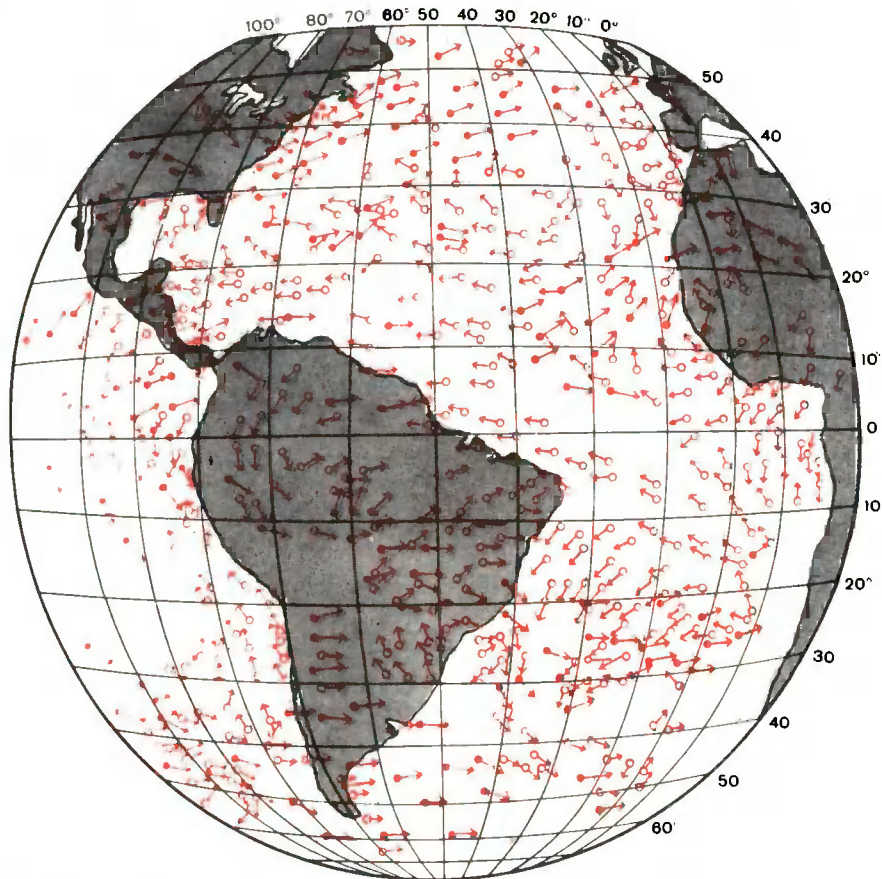
В 1979 г. был осуществлен Глобальный метеорологический эксперимент, подготовка которого заняла около 10 лет. Он позволил впервые получить достаточно

полную метеорологическую информацию для всего земного шара за 1 год. Эксперимент опирался на использование обычных и космических средств наблюдений. Космический «сектор» включал 5 спутников на геостационарных и 4 — на полярных (т. е. проходящих через полюса) орбитах, что обеспечило ежедневный глобальный обзор погоды. Важную роль сыграли при этом прямые измерения атмосферного давления, температуры воздуха, скорости ветра и других метеорологических параметров на движущихся в атмосфере шарах-зондах и

дрейфующих в океане буях с последующей передачей этих данных через спутники в наземные центры приема и обработки данных. Полученные в эксперименте материалы используются теперь для проверки теоретических моделей общей циркуляции атмосферы<sup>3</sup>.



### ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ АТМОСФЕРЫ

Одна из наиболее популярных гипотез об изменениях климата как в геоло-



Поля вектора скорости ветра на уровнях облаков верхнего и нижнего яруса, определенные по данным прослеживания динамики облачного покрова с геостационарного спутника АТС-3.

Скорость ветра на уровнях:

-  облаков верхнего яруса
-  облаков нижнего яруса

гическом прошлом, так и в настоящее время связывает вариации температуры с изменениями содержания углекислого газа в атмосфере, порождающими изменения парникового эффекта. Так называют свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию, но задерживать земное излучение и

<sup>3</sup> Курбаткин Г. П. Гидродинамические модели климата.— Природа, 1981, № 9.

тем самым способствовать аккумуляции тепла Землей. Лишь в так называемых окнах прозрачности отдача тепла осуществляется почти беспрерывно (при отсутствии облаков). Наиболее важное окно прозрачности расположено в интервале длин волн 7—14 мкм. Главный вклад в формирование парникового эффекта вносят водяной пар и углекислый газ, содержащиеся в атмосфере. Поэтому при возрастании содержания углекислого газа парниковый эффект усиливается.

Известно, однако, что спектр поглощения атмосферы в окнах прозрачности в области длин волн 7—14 мкм определяется не только влиянием углекислого газа, но и таких газовых компонентов, как озон и многие другие, а также аэрозоли. Естественно, что с точки зрения теории изменения климата наиболее важная роль принадлежит таким оптически активным компонентам, для которых характерна долговременная изменчивость. Особое место занимают в связи с этим фторхлорметаны (фреоны) — компоненты атмосферы, имеющие исключительно антропогенное происхождение. Масштабы выброса фреонов в атмосферу постоянно растут.

С целью изучения влияния газовых и аэрозольных компонентов на парниковый эффект автор этой статьи и Н. И. Москаленко выполнили расчеты потоков излучения для моделей атмосферы Земли различного химического состава. В расчетную схему включены многие компоненты, оказывающие влияние на поглощение излучения в земной атмосфере, включая водяной пар, углекислый газ, азот и кислород, метан, окись азота, закись азота, двуокись азота, двуокись серы, пары азотной кислоты, этилен, ацетилен, этан, формальдегид, фторхлорметаны (фреоны), аммиак, аэрозольные образования различного химического состава и микроструктуры (размеров частиц).

В таблице 2 приведена расчетная зависимость повышения температуры земной поверхности от увеличения концентрации  $\text{CO}_2$  при учете обратной связи с содержанием влаги в атмосфере (повышающимся при

потеплении климата) и без такого учета. Обращает на себя внимание, что косвенное влияние  $\text{CO}_2$  на изменение температуры поверхности планеты (через воздействие на содержание влаги в атмосфере) эквивалентно увеличению парникового эффекта за счет вариаций поглощения излучения  $\text{CO}_2$ . Характерно, что облачность является стабилизирующим фактором в установлении климата на Земле, ограничивая повышение температуры за счет действия парникового эффекта оптически активных газовых компонентов. С увеличением влажности атмосферы увеличивается перекрытие небосвода облачностью, что уменьшает количество солнечной радиации, аккумулированной системой поверхность планеты — атмосфера.

Расчеты возможного потепления на Земле за счет увеличения концентрации  $\text{CO}_2$  показали, что этот эффект наиболее сильно выражен в холодных полярных районах, для которых увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  в два раза может привести к потеплению поверхности на  $5^\circ\text{C}$ .

Удвоение концентрации азота приводит к росту средней температуры на  $0,7^\circ\text{C}$ , а с удвоением концентрации аммиака и метана температура поверхности увеличивается соответственно на  $0,1$  и  $0,3^\circ\text{C}$ . Увеличение содержания фреонов в 20 раз может привести к парниковому эффекту, составляющему  $0,6—1^\circ\text{C}$ , а суммарный парниковый эффект за счет удвоения концентрации  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$  достигает  $1,2^\circ\text{C}$ .

При расчетах парникового эффекта важно учитывать такие газовые компоненты, как  $\text{CCL}_4$  и  $\text{CF}_4$ , имеющие сильные полосы поглощения вблизи  $10$  мкм. Увеличение промышленных выбросов  $\text{CCL}_4$  и  $\text{CF}_4$  в будущем может привести к усилению парникового эффекта на величину  $0,8—1^\circ\text{C}$ .

Стратосфера более холодна, чем тропосфера, и парниковый эффект здесь проявляется более заметно. Так, увеличение количества водяного пара в стратосфере в два раза приводит к потеплению на  $1^\circ\text{C}$ , а уменьшение концентрации озона на  $25\%$  за счет разрушения озонового слоя вызывает охлаждение на  $0,4—0,5^\circ\text{C}$ . Таким

Таблица 2

Зависимость повышения температуры земной поверхности от увеличения концентрации  $\text{CO}_2$  в N раз\*

N	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	10
$\Delta T'$	0	1,6	2,4	4,1	5,1	5,7	6,3	6,7	7,2	8,1
$\Delta T''$	0	2,9	4,4	7,6	9,4	10,4	11,2	11,2	12,5	13,1

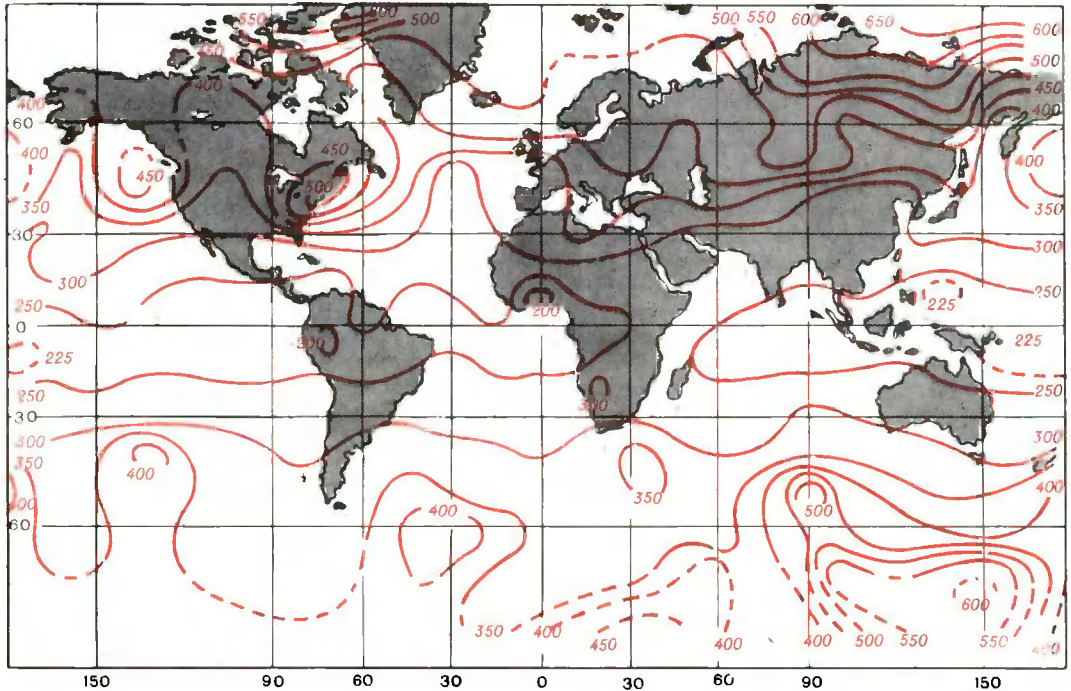
\* Величины  $\Delta T'$  и  $\Delta T''$  отвечают значениям повышения температуры, полученным без учета и с учетом содержания влаги в атмосфере.



образом, учет значительного числа малых компонентов, влияние которых на климат ранее представлялось пренебрежительно малым, свидетельствует о тенденции возможного потепления климата, обусловленного антропогенной продукцией малых газовых компонентов. Несомненно поэтому необходимость слежения за глобальными изменениями их концентрации.

Рассматривая возможные вариации климата вследствие антропогенного изменения химического состава атмосферы, необходимо учитывать взаимосвязь различ-

зультате изменения вертикального профиля температуры в стратосфере. Если однородное уменьшение концентрации озона на 25% приводит к понижению температуры поверхности на  $0,45^{\circ}\text{C}$  для среднепланетарной модели атмосферы, то неоднородное уменьшение концентрации озона вызывает антипарниковый эффект:  $-0,25^{\circ}\text{C}$ . Важно учитывать вариации озона не только в стратосфере, но и в тропосфере, так как вариации тропосферного озона часто приводят к обратным эффектам по сравнению с результатами, обусловленны-



Распределение общего содержания озона в атмосфере (в ед. Добсона) по данным измерений на последовательных орбитах спутника «Нимбус-3» в течение суток.

ных климатообразующих факторов. Например, увеличение содержания хлорфторметанов может существенно изменить содержание атмосферного озона. Важно при этом, что изменение концентрации озона очень неоднородно по высоте. Расчеты показали, что парниковый эффект, вызванный озоном, очень чувствителен к вариациям его вертикальной структуры и проявляется не только через прямое воздействие озона, но и косвенно через другие атмосферные компоненты, варьирующие в ре-

ми стратосферными изменениями концентрации озона.

Сложная природа парникового эффекта свидетельствует о необходимости следить за различными малыми газовыми компонентами атмосферы, которые являются оптически активными. С этой целью сейчас разрабатываются и используются разные методики. Они состоят в том, что содержание в атмосфере малых газовых компонентов можно определять так же, как и температуру атмосферы на разных высотах, измеряя со спутников тепловое излучение атмосферы на различных длинах волн.

Существует и гораздо более эффективная возможность — устанавливать на спутнике аппаратуру, измеряющую ослаб-

ление солнечной радиации на пути через атмосферу от Солнца и до спутника при восходах и заходах Солнца относительно спутника, проводить эксперименты с так называемой затменной геометрией. Такого рода эксперимент по определению состава малых компонентов атмосферы был впервые проведен на орбитальной пилотируемой станции «Салют-4», где был установлен комплекс солнечных спектрометров, позволявших регистрировать солнечное излучение различных длин волн при восходах и заходах Солнца относительно орбитальной станции, когда солнечные лучи пронизывали толщу атмосферы. Измеряя поглощение солнечных лучей толщей атмосферы, можно было получить, например, сведения о содержании в атмосфере водяного пара и озона.

## ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМОНАВТОВ

Мы знаем теперь, что орбитальные станции являются очень эффективным средством для испытаний различной аппаратуры. Ярким примером этого может служить испытание на орбитальной станции «Салют-6» радиотелескопа — сложного устройства с большой антенной. Его трудно было бы испытать на автоматическом спутнике (вспомним эпизод выхода космонавта В. В. Рюмина в открытый космос).

Следует добавить, что очень большую роль играют и визуальные наблюдения космонавтов. Космонавт, наблюдающий из космоса Землю и способный оценить благоприятную или неблагоприятную обстановку для проведения запланированных экспериментов, помогает значительно повысить эффективность экспериментов. Об этом свидетельствуют сообщения космонавтов с орбитальной станции «Салют-7».

Итак, используя различные подходы, можно осуществлять — и это уже было отчасти сделано в прошлом — различные методы определения содержания в атмосфере малых компонентов. Но мы знаем также, что существенное воздействие на свойства атмосферы — и, в конечном счете, на климат — может оказывать атмосферная пыль (атмосферные аэрозоли) разного происхождения, особенно те, что возникают после крупных вулканических извержений.

Анализ изображений Земли из космоса показал, что большие пылевые облака, возникающие, скажем, в районе пустынь, видны на снимках достаточно отчетливо. Правда, они позволяют определить лишь

область распространения пыли, увидеть, где именно возникла в пустыне пылевая буря и какие территории она охватила. Однако нас интересует и оценка количества пыли в атмосфере, и определение изменения концентрации пыли с высотой. Для этого требуются инструментальные наблюдения.

Опыт работы на пилотируемых кораблях «Союз» показал, что подходящим средством для этой цели является регистрация спектров яркости атмосферы вблизи горизонта во время сумерек или в дневное время. На пилотируемом космическом корабле «Союз-5» Е. В. Хрунов впервые осуществил регистрацию спектров (изменения яркости в зависимости от длины волны) сумеречного горизонта, когда можно было определить и яркость атмосферы у горизонта — там, где заходит Солнце, и степень ослабления солнечной радиации толщей атмосферы.

Эти данные позволили в свое время (такая методика совершенствуется и сейчас) восстановить вертикальные профили концентрации пыли в атмосфере. А работа по регистрации яркости дневного горизонта, которая производилась позднее на пилотируемых космических кораблях «Союз-7» В. Н. Волковым, «Союз-9» А. Г. Николаевым и В. И. Севастьяновым, позволила получить большое количество информации о распределении пыли на разных высотах и в различных районах земного шара.

Это направление исследований получило дальнейшее развитие в работах американских ученых, установивших аппаратуру для аэрозольного зондирования атмосферы на спутниках-автоматах «Сэйдж» и «Нимбус-7». Полученные в результате этих наблюдений данные позволили, в частности, проследить влияние извержений вулкана Сент-Хеленс в штате Вашингтон (США), происшедших в мае 1980 г., на содержание аэрозоля в глобальной стратосфере.

Большие перспективы слежения за структурными параметрами атмосферы, за малыми газовыми компонентами и атмосферной пылью открывает космическое зондирование при помощи лазеров (лидаров).

Как уже отмечалось, климат определяется сложным взаимодействием процессов, происходящих в атмосфере, океане, криосфере, биосфере. И мы сейчас знаем, что очень важное значение для объяснения и, тем более, для предсказания климата имеют сведения, относящиеся к почве и растительному покрову. Это выдвигает

в качестве очень важной задачи исследование глобальных круговоротов различных компонентов природной среды, и прежде всего углерода.

Если изменения климата могут быть обусловлены возрастающей концентрацией углекислого газа антропогенного происхождения, то это означает, что необходимо объяснить, как формируется наблюдаемая концентрация углекислого газа в атмосфере, и на этой основе понять, какой она может быть в будущем. Исследования глобального круговорота углерода с целью

сфере не может возрасти более чем на 35—40%. Прогнозы динамики  $\text{CO}_2$  в будущем осложняются и неопределенностью оценок развития энергетики на десятки лет вперед. Все это определяет условность прогнозов климата будущего и острую потребность слежения за динамикой окружающей среды.

За последние годы были получены данные, которые показали, что на содержание углекислого газа большое влияние оказывают вырубки лесов. Даже если вырубленные леса возобновляются и на их

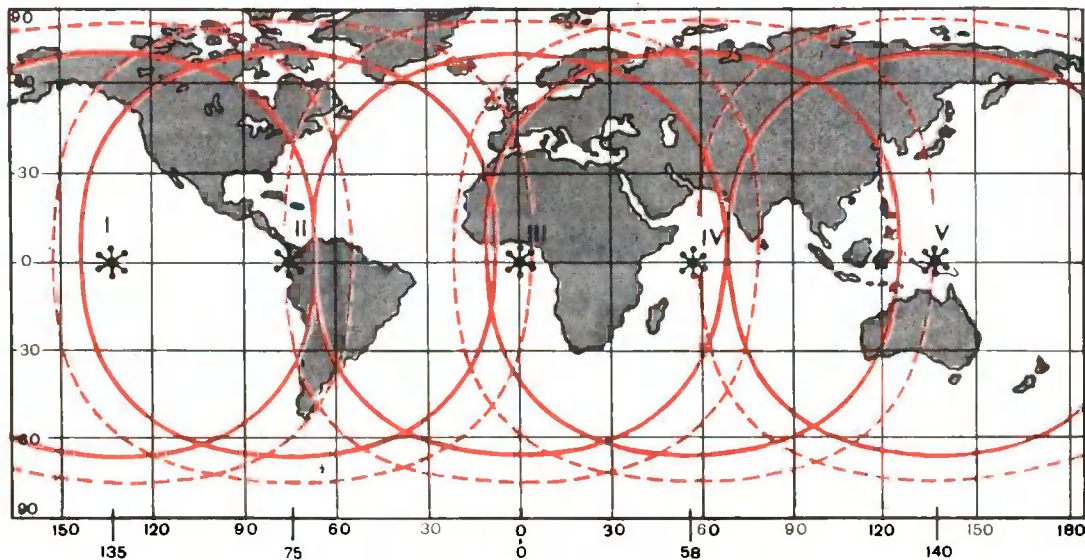


Схема наблюдений при помощи пяти геостационарных спутников в период Глобального метеорологического эксперимента (1979). I, II, IV — американские геостационарные спутники для наблюдений за окружающей средой, III — геостационарный спутник Европейского космического агентства, V — японский геостационарный метеорологический спутник «Химавари». Сплошные линии ограничивают зону постоянных наблюдений, пунктирные — эпизодических.

оценить компоненты этого круговорота и предсказать изменение концентрации  $\text{CO}_2$  в будущем привели пока что к противоречивым выводам. Что касается современного круговорота углерода на земном шаре, то остается недостаточно надежно установленной роль биосферы и Мирового океана. Согласно модели круговорота углерода, обоснованной В. Г. Горшковым, океан является настолько мощным стоком углекислого газа (главную роль в усвоении  $\text{CO}_2$  здесь играет фитопланктон), что даже после сжигания всего разведенного ископаемого топлива концентрация  $\text{CO}_2$  в атмо-

месте появятся новые леса или на месте вырубки начинается производство сельскохозяйственных культур — биомасса оказывается меньшей, чем биомасса первоначального леса, и, значит, меньше перерабатывается углекислого газа. А раз масса зеленой растительности уменьшается, содержание в атмосфере углекислого газа увеличивается.

Таким образом, сейчас возникла противоречивая ситуация, суть которой в том, что мы пока еще не можем объяснить, как складывается баланс углекислого газа на земном шаре и, тем более, как он станет изменяться в будущем. Чтобы дать такое объяснение, надо, в частности, иметь значительно более полные сведения о растительном покрове на земном шаре и его динамике. И здесь тоже могут помочь делу наблюдения из космоса.

В рамках программы пилотируемых космических кораблей были сделаны первые попытки регистрировать спектральную



яркость растительного покрова из космоса. Эти работы оказались достаточно успешными и показали, что в дальнейшем получение изображений растительного покрова из космоса позволит располагать достаточно полной информацией о распределении растительности на земном шаре и ее массе. Здесь может быть полезной информация, получаемая с помощью известной шестиканальной фотокамеры МКФ-6, а также многоканального спектрометра, который использовался на пилотируемых космических кораблях.

### ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Получению сведений о параметрах, определяющих климат (температура, давление, влажность и т. д.), выяснению различных факторов, влияющих на изменение климата, очень часто препятствует влияние облачности, если мы получаем такую информацию, используя видимый и инфракрасный диапазоны длин волн. Поэтому все более перспективным становится использование радиометодов для изучения окружающей среды, в частности для исследования климата. На спутнике «Космос-243» в 1968 г. были впервые выполнены измерения радиотеплового излучения атмосферы и поверхности земной коры в сантиметровом диапазоне длин волн. Эти первые результаты показали большую перспективность использования данных радиотеплового излучения, позволяющих получить представление о содержании водяного пара в атмосфере, о волнении в океане, о температуре его поверхности, о распределении ледяного покрова на земном шаре. С тех пор радиотепловая дистанционная индикация развивалась очень широко, и сейчас такого рода методы используются и на метеоспутниках, и на океанографических спутниках, и на природно-ресурсных спутниках. Такая аппаратура устанавливалась, например, на советских природно-ресурсных спутниках «Метеор-Природа».

Все, о чем здесь сказано, — это преимущественно методические разработки и иллюстрации имеющихся возможностей. Между тем для изучения климата, для его прогноза нужна оперативная спутниковая служба климата, которая должна базироваться на соответствующей системе спутников, выводимых на полярные и геостационарные орбиты.

Опыт развития спутниковой метеорологии и океанографии показал, что спутниковые данные измерений нередко трудно

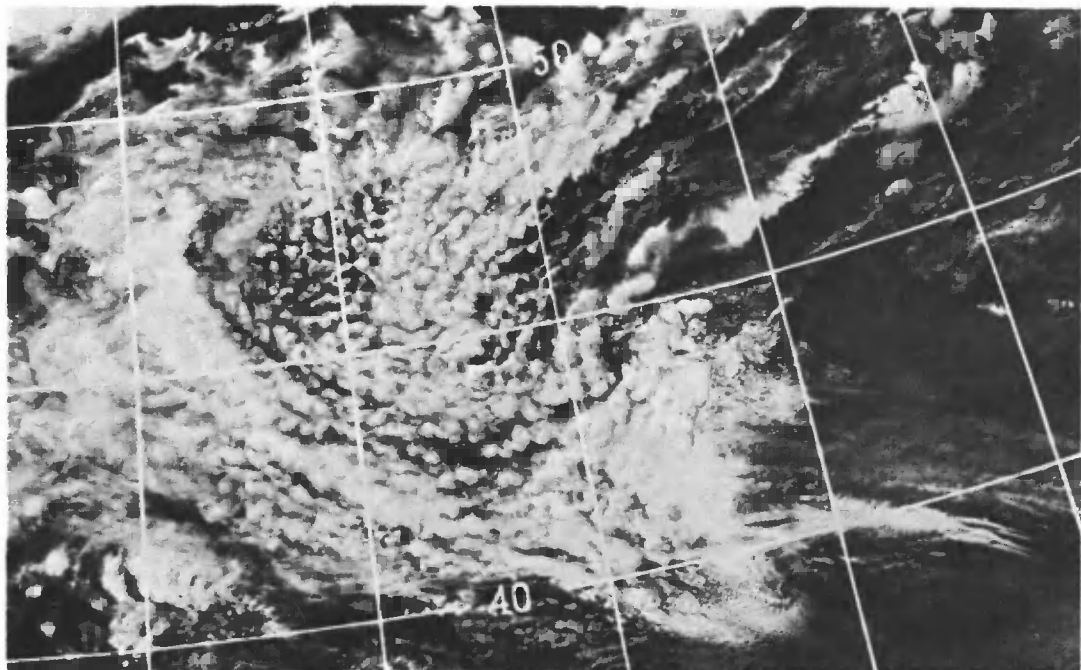
интерпретировать, так как их толкование оказывается недостаточно однозначным. Поэтому важные перспективы связаны с созданием такой системы спутниковых наблюдений, которая была бы дополнена соответствующими наблюдениями с аэростатов, самолетов и с земной поверхности. Создание подобной системы слежения за окружающей средой, в первую очередь с целью изучения климата, является делом будущего. Сейчас мы опробуем лишь отдельные элементы этой системы. Предстоит еще большая работа, прежде чем такая система станет реальностью. Опыт осуществления Глобального метеорологического эксперимента стал первым шагом в этом направлении.

Важная сторона дела, связанная с анализом информации, состоит в том, что сведения, касающиеся климата и его изменений, включают очень большой объем данных. Это требует разработки современных средств передачи и обработки информации с использованием высокопроизводительных ЭВМ. Эта сторона дела — наземный комплекс приема и обработки данных — является в настоящее время критически существенной, потому что именно недостаточная производительность средств обработки данных в некоторых случаях затрудняет получение необходимых сведений.

### КЛИМАТ ПЛАНЕТ

Важный аспект исследований климата и его изменений на Земле связан с тем, что много полезной информации для лучшего понимания процессов, происходящих на Земле, может нам дать изучение других планет, в первую очередь Венеры, Марса, Юпитера. Потребность в изучении этих планет определяется тем, что природа создала на них совсем иные условия, чем на Земле. Если, скажем, Земля является сравнительно быстро вращающимся небесным объектом, то для Венеры характерно медленное вращение. Если у земной поверхности атмосферное давление равно примерно 1000 гПа, то у поверхности Венеры оно почти в 100 раз больше, а у поверхности Марса примерно в 100 раз ниже земного.

Короче говоря, речь идет о том, что планеты Солнечной системы являются самыми разнообразными моделями формирования климата в условиях, отличных от Земли. Это дополняется и спецификой состава атмосфер. Если, например, земная атмосфера состоит прежде всего из азота



На снимке, сделанном со спутника «Метеор» 9 апреля 1980 г., виден наиболее часто встречающийся тип облачного поля над экваторией северной части Атлантического океана.

и кислорода и ее оптические свойства определяют различные малые компоненты, то на Марсе и Венере основным компонентом является оптически активный углекислый газ. Специфичной была эволюция атмосфер планет. Если на Земле она привела к формированию азотно-кислородной атмосферы, то мощная атмосфера Венеры стала углекислотной и содержащей ничтожное количество водяного пара (важные новые результаты, позволяющие надежнее проанализировать пути эволюции венерианской атмосферы, дали автоматические станции «Венера-13» и «Венера-14»).

Использование таких моделей климата, каждая из которых является специфической, дает возможность лучше понять, как происходит формирование климата на разных планетах и, конечно, на Земле. Кроме того, во всем этом есть различные интересные аспекты, касающиеся даже антропогенного воздействия на климат. Мы знаем, например, что в земной атмосфере на слой озона, а значит и на климат, воздействуют выбросы фреона. Мы знаем, что на Марсе тоже существует слой озона, окружающий планету. Только если на Земле слой озона покрывает всю планету, то

на Марсе слой озона имеет клочковатую структуру, вернее, здесь слой отсутствует, а наблюдаются отдельные облака озона, которые появляются и исчезают. И очень важно понять, как в условиях другой планеты происходит образование и разрушение таких облаков озона. Это делает более ясным вопрос о том, что может произойти со слоем озона на Земле при различных антропогенных воздействиях.

Другим примером интересной параллели являются стратосферные облака на Земле и Венере. Мы уже давно знаем, что в земной атмосфере на высоте около 20 км существует слой дымки, состоящий из мельчайших частиц концентрированного раствора серной кислоты. Оказывается, основной облачный покров Венеры, также расположенный на довольно больших высотах, тоже состоит в основном из капель концентрированного раствора серной кислоты. Изучение процессов формирования стратосферной дымки на Земле и облаков на Венере открывает много общего в тех и других процессах и является взаимообогащающим.

Словом, проблема климата настолько широка, что она выводит нас за пределы Земли и делает важными исследования на других планетах.

Изучая специфику этих планет, мы приобретаем возможность лучше понимать, что происходит на нашей планете.





## Создать Джугджурский заповедник

**С. С. Харкевич,**  
доктор биологических наук

**Ю. И. Манько,**  
кандидат биологических наук

Биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР  
Владивосток

**Н. Г. Васильев,**  
доктор биологических наук

**В. И. Животченко,**  
кандидат биологических наук

Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны природы и заповедного дела  
Министерства сельского хозяйства СССР  
Москва

Центральное Приохотье, ограниченное с севера р. Кухтуй и с юга р. Лантарь, русские землепроходцы открыли раньше других дальневосточных территорий. Именно здесь, в устье р. Улья, в 1639 г. на берег Ламского, ныне Охотского, моря вышел отряд казаков во главе с Ю. И. Москвитиним.

Этот безлюдный в то время край и до сих пор еще мало заселен. Поэтому говорить об антропогенном влиянии на дикую природу Центрального Приохотья, казалось бы, нет причин, и мало оснований тревожиться о заповедании этой территории. Однако это не совсем так. Хотя естественные биоценозы еще не потеснены антропогенными ландшафтами, есть другая опасность для флоры и фауны Центрального Приохотья: в таежных лесах и даже на побережье случаются опустошающие пожары. В результате возникает опасность гибели растительности, в особенности древесных пород, на изолированных участках, находящихся на границах ареала.

Для Центрального Приохотья нужны активные меры и по охране генофонда растений и животных, своеобразных местных биогеоценозов. Все это можно было бы сделать, создав Джугджурский государственный заповедник и включив в него как наиболее типичные, так и редкие биогеоценозы. Такой заповедник предложил орга-

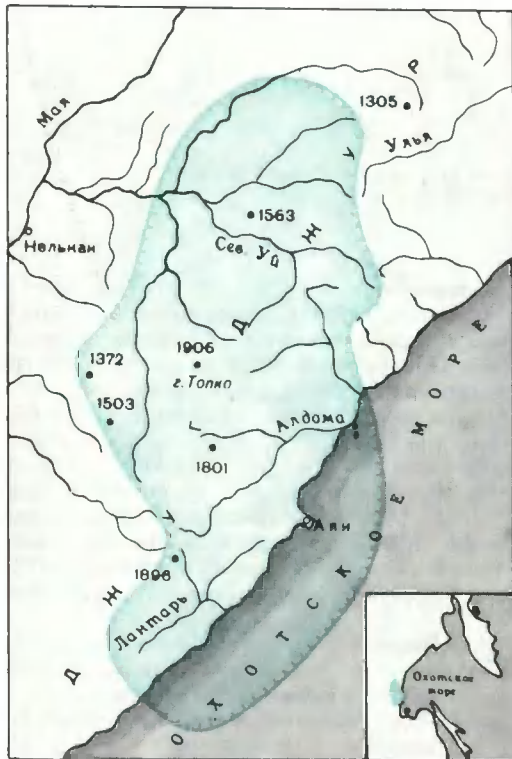
низовать еще в 1958 г. Е. М. Лавренко с коллегами. Проект заповедника был включен в перспективный план географической сети заповедников СССР. О необходимости создания в Центральном Приохотье заповедной территории упоминали А. П. Метельский (1977), К. Д. Зыков и Ю. Д. Нухимовская (1979) и др. Наконец, в списке 125 заповедников, подготовленном Всесоюзным научно-исследовательским институтом охраны природы и заповедного дела Министерства сельского хозяйства СССР для Госплана СССР, значится и Джугджурский.

Первые научные сведения о флоре планируемого сейчас заповедника, вернее только окрестностей пос. Аян, принадлежат врачу Российско-американского общества Г. Тилингу. В опубликованной в 1859 г. работе он указал около 350 видов растений. Стой поры никаких дополнительных сведений о флоре не было до середины XX в. С конца 60-х годов началось планомерное исследование Центрального Приохотья: здесь работал лесной отряд Биолого-почвенного института Дальневосточного филиала АН СССР, неоднократно проводились ботанические экспедиции. К настоящему времени описано уже более 900 видов растений.

Центральное Приохотье — труднодоступный район, и современные экспедиции обычно доставляет туда вертолет. Таежные массивы этого края со стороны моря замыкает хребет Джугджур. Вытянувшись на

700 км в виде гигантской дуги вдоль побережья Охотского моря, он разделяет два великих океана — Тихий и Северный Ледовитый.

Хребет Джугджур суров, величествен и исключительно живописен. Средняя высота его — 900—1200 м над ур. м., а наивысшая точка — гора Топко, расположенная в центральной части Приохотья, достигает 1906 м. Ближе к Охотскому морю параллельно Джугджуру простирается хребт Прибрежный, некоторые его вершины поднимаются на 1100—1500 м над ур.



Карта-схема предлагаемого авторами статьи заповедника (около 1 млн га) в Центральном Приохотье.

м. К морю он выходит скальными обрывами причудливой формы. Лишь в одном месте горы выступают в море, образуя единственную на всем побережье удобную для стоянки судов глубоководную бухту Аян.

На самом побережье Охотского моря климат муссонный, а западнее хребта Джугджур — континентальный, с холодной

малоснежной зимой, жарким сухим летом и очень коротким безморозным периодом. Из-за суровости климата в здешних местах иногда до середины августа на реках сохраняются наледи, а вершины этих невысоких гор все еще покрыты снежными шапками.

Так же, как и климат, различаются меж собою разные районы Центрального Приохотья по среднегодовому количеству осадков. Так, в пос. Аян обычно выпадает 600—700 мм осадков в год, а иногда и больше 1000 мм; в селе же Нелькан, расположенном на берегу р. Мая Алданская — не больше 400 мм. Снежный покров в лесах континентальной части Центрального Приохотья едва достигает 20—30 см, зато на горных перевалах, обращенных к морю, глубина снежных полей превышает 3 м.

До 70% годичной суммы осадков выпадает в виде дождей. Нередки ливни, после которых вода в небольших речушках поднимается на несколько метров, и даже небольшие ручьи превращаются в грозные бушующие реки.

Все Центральное Приохотье — зона многолетней мерзлоты. Почва на отдельных его участках за лето не успевает протаять, а в переувлажненных местах с мощным моховым покровом мерзлота залегает уже на глубине 0,5—0,7 м.

★

Основу растительного покрова Центрального Приохотья составляют леса, состав и размещение которых зависит от климатических, почвенно-гидрологических условий, абсолютной высоты местности, а также от частоты случающихся здесь пожаров.

Из древесных пород, хорошо приспособленных к суровым природным условиям, широко распространена лиственница Гмелина (*Larix gmelinii*). Дренажные речные террасы покрывают величественные лиственничные леса, высота деревьев в них превышает 30 м. Леса с преобладанием лиственницы занимают в Центральном Приохотье более 80% площади.

Лиственница Гмелина удивительно приспособлена к экстремальным условиям: она растет на заболоченных территориях с близким уровнем мерзлоты, на сухих южных склонах с мелкими каменистыми почвами и на верхнем пределе распространения прямостоящих древесных растений. На незащищенных от ветра участках лиственница обычно низкоросла, ствол ее нередко деформирован, а крона причудливо асимметрична. Там, где ветры особенно свирепствуют, лиственница буквально сте-





Гора Топко — самая высокая точка Джугджурского хребта. Нижняя часть горы покрыта лесами из лиственницы Гмелина, выше — заросли кедрового стланика и высокогорные каменистые пустыни.

лется по земле. Вблизи снежников неподалеку от верхней границы леса от нижних ветвей лиственницы вырастают дополнительные корни и образуются небольшие совершенно непроходимые лиственничные заросли.

На болотистых участках с сильно переувлажненной почвой среди кочек сфагнового мха в перемежку с кедровым стлаником растет и лиственница, но здесь ее деревца далеко отстоят друг от друга, а не образуют сплошного массива. На таких же болотах по соседству с лиственницей растет береза тощая (*Betula exilis*), а в нижнем ярусе — голубика.

В осевой части хребта Джугджур лиственничники в виде небольших куртин и полос вытянуты вдоль рек и речушек и



Характерный ландшафт Центрального Прихотья — лес из лиственницы Гмелина с кедровым стлаником.

Криволесье из березы шерстистой, или каменной.

окружены полями каменных осыпей. Лиственница здесь растет крайне медленно: за 250—300 лет она достигает лишь 7—9-метровой высоты.

Леса из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) сосредоточены главным образом в бассейне р. Мая в нижней части лесного пояса и занимают около 2% всей покрытой лесом площади. Обычно сосна растет на дренированных сухих участках, но попадает и на заболоченных, а иногда и в составе пойменных лесов. Вблизи верхней границы ее распространения мы обнаружили оригинальные сосняки из тонких изогнутых деревьев с подлеском из кедрового стланика (*Pinus pumila*).

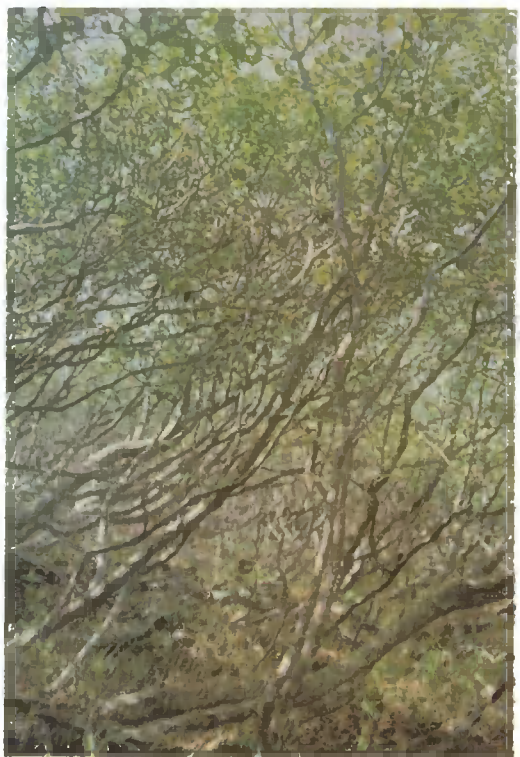
На восточном склоне хребта Джугджур сосна встречается редко — сейчас известно всего 8 участков, из которых самый северный (в бассейне р. Улкан) по существу представляет самую северную точку ареала этой древесной породы в Евразии.

Темнохвойные леса Центрального Прихотья образуют ель аянская (*Picea ajanensis*) и ель сибирская (*P. obovata*). Площадь ельников невелика — около 1% от всех лесов, но растут эти хвойные породы от уровня моря до верхней границы леса, встречаясь в основном в прибрежной части.

Однако сибирская ель образует леса в долинах рек и ручьев и в континентальных районах Центрального Прихотья. Деревья с островершинной кроной и темно-зеленой хвоей достигают иногда высоты 39 м и диаметра до 1 м, доживая до 160—180 лет. Нередко эта ель растет по границе с наледными полями, а на заболоченных участках в лиственничниках встречаются лишь отдельные деревья и достигают 400-летнего возраста.

На восточном склоне Джугджура сибирская ель очень редка. Единичные экземпляры ее мы обнаружили в долинах рек Лантарь и Алдома; в верхней части бассейна р. Улкан есть лишь небольшой ельник, в котором растет и береза шерстистая (*Betula lanata*).

Поймы всех крупных рек заняты лесными массивами из чозении (*Chosenia arbutifolia*) и тополя душистого (*Populus suaveolens*). Эти лиственные породы отличаются исключительно быстрым ростом:







Бошнякия русская.



Водосбор мелкоцветковый.

за 20—25 лет они достигают высоты 10—12 м, а в 75—80 лет — 25—28 м.

На верхней границе леса, в основном на восточном склоне Джугджура, очень живописны лесные опушки с березой шерстистой. Поражают причудливо искривленные стволы березы и мощно развитая крона. Среди небольших березняков попадаются растения, характерные для Дальневосточного крупнотравья.

С увеличением абсолютной высоты местности прямоствольные леса сменяются зарослями кедрового стланика, занимающими более 15% лесной площади. Сомкнутые труднопроходимые заросли его обычно расположены в виде узкой полосы по верхней границе леса, встречаются они также в седловинах, защищенных от ветров, и на низких террасах морского побережья. Еще выше в полосе кедрового стланика появляются разрывы, здесь господствуют лишайники и травяно-кустарниковые сообщества.

Большие площади на хребте Джугджур занимают горные тундры с лишайниками, кустарничками и травами, а на переувлажненных участках приспособились к жизни лишь травы и мхи. Осевая часть хребта — высокогорные каменные пустыни.

Долины рек и межгорные понижения Центрального Приохотья большей частью заболочены. Здесь среди кочек из осок и сфагнума растут лишь голубика и кустарниковые виды берез — тощей и Миддендорфа.

На отдельных наледных полях, где растительный состав зависит от срока стаивания льда, кое-где небольшими полосками попадаются заросли ивы аляскинской (*Salix alaxensis*).

Разнообразны в Центральном Приохотье и травянистые растения, некоторые из них обнаружены впервые во флоре Дальнего Востока. Это костенец зеленый (*Asplenium viride*), криптограмма Стеллера (*Cryptogramma stelleri*), беотрион одноцветковый (*Baeothryon uniflorum*), бородиния байкальская (*Borodinia Baicalensis*) и другие. Многие виды впервые найдены в окрестностях пос. Аян, о чем свидетельствуют и их названия: ель аянская, горец аянский, остролодочник аянский, непролома аянская, лихнис аянский и др.

В Центральном Приохотье растут и внесенные в «Красную книгу СССР» орхидные — башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon*) и пятнистый (*C. guttatum*). Кое-где цветущий пятнистый башмачок образует удивительно красочные ковры (на 1 м<sup>2</sup> бывает до 30 растений). На побережье Охотского моря довольно часто встречается знаменитый золотой корень — родиола розовая (*Rhodiola rosea*).

Интересно, что некоторые растения Центрального Приохотья раньше были обнаружены в местах, далеких от него. Это бородиния байкальская, другие части ареала которой — Прибайкалье и Становое нагорье; лжеводосбор (*Paraaqui-*

*legia microphylla*), распространенный на Алтае; карагана гривастая (*Saragana jubata*), встречающаяся в Средней Азии, а также в двух изолированных друг от друга участках — на Охотском побережье и в устье р. Лены.

Совсем недавно в Центральном Приохотье одним из авторов этой статьи найден горец амгинский (*Polygonum amgense*, внесенный в «Красную книгу СССР»), который до той поры считался узким эндемиком Якутии.

В этом, пока еще не освоенном человеком труднодоступном крае много ценных ягод: голубики, брусники, малины, шикши. Встречаются два вида рябины и жимолости, несколько видов смородины. Из смородины наиболее ценен «алданский виноград» (*Ribes dikuscha*), получивший свое название за крупные вкусные плоды. Растут в Центральном Приохотье и дикие овощные растения — ревеня компактный и лук скорода, а в континентальной части широко распространена лекарственная толокнянка (*Arctostaphylos uva-ursi*).

Из приведенной характеристики видно, что флора Центрального Приохотья неоднородна. В западной его части она представлена восточносибирскими видами, а в восточной преобладают элементы охотской флоры. Немало здесь и океанических видов, а по горным хребтам проникают северные и даже арктические.

★

Животный мир Центрального Приохотья еще недостаточно исследован, имеющиеся опубликованные материалы очень фрагментарны и относятся преимущественно к прошлому столетию. В 1979 г. здесь в составе ботанического отряда побывал зоолог — один из авторов этой статьи. Естественно, что за время одной экспедиции нельзя получить исчерпывающего представления о фауне. Конечно, мы не встретили многих редких животных, но обычных для данной местности повидали немало.

Если растительность Центрального Приохотья представлена видами, характерными для разных типов флоры, то фауна — это в основном восточносибирские виды животных.

В долинах рек и предгорьях обитают типичные таежные жители — лось, соболь и россомаха. Повсюду на нашем пути мы встречали многочисленных здесь дикого северного оленя и бурого медведя. Еще чаще по-

падались медвежьи следы, особенно много их было на переходе из бассейна р. Лантарь к Охотскому морю. Оказалось, что медведи привлекали лососевые рыбы, идущие на нерест. На перекатах то и дело вспенивалась вода от ударов хвостов и появлялись спины крупных рыбин, больше всего скапливалось рыбы в ямах. Бурые медведи в Центральном Приохотье питаются кедровыми орехами, ягодами, существенную роль в их рационе играет и рыба. На побережье нередко встречаются хорошо натоптанные тропы, по которым медведи совершают переходы к нерестовым рекам. В голодную пору медведи охотятся на копытных, а случается нападают и на человека.

Наши же многочисленные встречи с медведем всегда заканчивались мирно: увидев людей, медведь обычно уходил. Правда, один раз мы потревожили охраняющего свою добычу медведя, и он очень неохотно расстался с засыпанным речной галькой оленем: делал угрожающие движения в нашу сторону (мыплыли на резиновых лодках), вставал на задние лапы, уходил и возвращался к добыче, но в конце концов все-таки удалился в чащу. Другая встреча могла бы закончиться для нас печально. Огромный медведь неожиданно прыгнул с высокой пойменной террасы в реку и стал преследовать лодку. Когда расстояние между ним и лодкой сократилось до 7—8 м, пришлось стрелять. Только выстрел заставил медведя повернуть обратно, он удивительно неторопливо вылез на берег и медленно побрел в тайгу. Попадались на нашем пути и любопытные медвежата.

Из крупных хищников в Центральном Приохотье встречается волк, наносящий существенный урон стадам домашних оленей. Численность его в одном только Аяно-Майском районе оценивается в 150—200 особей. Изредка встречается рысь. По рассказам охотников водятся здесь и лисицы удивительно разнообразные по окраске. В лесных долинах много соболя — основного промыслового объекта в этих местах. Изредка попадаются выдра и норка.

По всему Центральному Приохотью, даже на горных склонах в лиственничниках с лишайниковым покровом, пасутся дикие северные олени. Мы неоднократно встречали одиночных оленей и группы из 2—5 животных, нередко это были самки с молодняком. Возможно, среди них были и одичавшие домашние олени, которых издавна разводят здесь местные жители.

Сплавляясь на резиновых лодках, мы не раз видели вышедших к реке лосей. В глухих таежных лесах попадались следы пребывания самого маленького дальневосточного оленя — кабарги, а на хребте Кондер мельком наблюдали за самим животным.

Самый интересный вид копытных Центрального Приохотья — снежный баран, или толсторог (*Ovis canadensis*). Обитает он в основном в подгольцовом и гольцовом поясах Джугджура, среди осыпей, в местах с пересеченным рельефом и скальными обнажениями. На склонах хорошо заметны многочисленные узкие зигзагообразные тропинки, проложенные снежными баранами. Лежки они чаще всего устраивают на выступях скал. Нам редко приходилось видеть одиночных животных, обычно же это были небольшие группы из 7—8 особей, реже из 2—3. Эти горные жители очень спокойно относились к нашему появлению, если замечали нас издали, иногда подпускали к себе на 30—40 м. Если же мы появлялись неожиданно, животные срывались с места, но, отбежав метров на 100—150, нередко останавливались и наблюдали за нами. На морском побережье снежные бараны встречаются на отвесных прибрежных скалах лесного пояса и по тропам часто спускаются на литораль. В бухте Борисова мы наблюдали за группой из шести животных: они бродили в дриливной зоне, а затем устроились там на отдых.

В гольцовом поясе среди осыпей мы часто слышали звук, похожий на свист бурундука. Оказалось, что это пищуха. Бурундуки же в большом количестве водятся в лесах. Практически во всем Приохотье можно встретить белку, но численность ее повсюду мала. Белку-летягу мы видели лишь в долине р. Лантарь и на кольцевом хребте Кондер.

Птичье население Центрального Приохотья также представлено типично таежными видами. В ельниках по долинам рек нередки рябчик и каменный глухарь, который охотно селится также в сосновых и лиственничных лесах. Водится и множество других пернатых.

На реках обычны утки, в том числе шилохвость, чирок, большой крохаль. Много куликов, и среди них чернозобик, первозчик, фифи. Нередко приходилось слышать глухое «ду-ду-ду», мы не сразу распознали, кому этот звук принадлежит — глухой кукушке или удоу. Впоследствии оказалось, что обитает оба вида.

Из дневных хищных птиц мы встречали чеглока, зимняка, сапсана и ястреба-



Река Мав Алданская.

тетеревятника по всему нашему маршруту, а белоплечего орлана видели только на побережье Охотского моря. В ночную пору на охоту вылетает длиннохвостая неясыть.

Кайра и пыжик, которых немало в окрестностях пос. Аян, очевидно, гнездятся в скалах по побережью Охотского моря. Здесь колонии чаек, чистиков и других морских птиц устраивают многочисленные базары.

Мы не занимались специально изучением состава земноводных и пресмыкающихся; те же из них, которые попались нам на глаза, очевидно, наиболее много-



Вейгела Миддендорфа.

Прострел авианский.



Кияжик охотский.



Неуролома голостебельная.

численны. Повсюду в низменных участках водится дальневосточная лягушка, здесь же обитает и сибирский углозуб, но численность его невелика: мы встретили его только дважды. Из пресмыкающихся нам удалось увидеть только живородящую ящерицу.

В бассейне р. Май Алданской водятся сиг, таймень, ленок, хариус, щука, а реки, впадающие в Охотское море, служат нерестилищами для кеты, горбуши, кижуча и гольца. В приустьевых частях некоторых рек

устраивают лежбища ластоногие, в частности ларга. Одно из таких лежбищ мы видели в сентябре в устье р. Укэй (бухта Борисова).

★

Мы представили характеристику флоры и фауны Центрального Приохотья, чтобы у читателя создалось представление (хотя бы и неполное) о богатстве и своеобразии этого края. Как мы уже упоминали, речь о создании здесь Джугджурского заповедника ведется с 1958 г., и местные советские органы поддерживают его орга-





Высокогорное озеро. На переднем плане заросли кедрового стланика.

низацию. Местными организациями рассмотрен вопрос и о границах такого заповедника площадью в 380 тыс. га. Мы же считаем, что целесообразно увеличить его площадь до 1 млн га.

Опыт показывает, что заповедники рано или поздно оказываются островками нетронутой природы среди антропогенного ландшафта. При этом, если площадь заповедника невелика, наблюдаются явления, характерные для настоящих островов, фауна их значительно обедняется. В первую

очередь это сказывается на хищных млекопитающих. В результате заповедник перестает быть эталонным участком. Поправить же положение в заповеднике, окруженном антропогенным ландшафтом, зачастую невозможно.

В состав планируемого Джугджурского заповедника мы предлагаем включить горный массив Топко, западный склон Джугджура (включая бассейн р. Северный Уй), часть хребта Прибрежный с бассейнами рек Лантарь и Алдома и прилегающим континентальным шельфом. Заповедник в таких границах отражал бы неоднородность природы Центрального Приохотья и сохранял бы оригинальные биогеоценозы, эффективная охрана которых сейчас пока не обеспечена.

## Хозяйственно-культурная дифференциация народов мира и географическая среда

Б. В. Андрианов, А. Г. Доскач



Борис Васильевич Андрианов, доктор исторических наук, старший научный сотрудник Института этнографии им. Н. Н. Миклуко-Маклая АН СССР. Занимается проблемами истории хозяйственно-культурного развития человечества. Автор книг: *Население Африки*. М., 1964; *Древние оросительные системы Приаралья*. М., 1969; *Земледелие наших предков*. М., 1978.



Анна Григорьевна Доскач, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии АН СССР. Занимается проблемой взаимодействия природы и общества, общими вопросами физической географии. Автор книг: *Нижнее Поволжье*. М., 1939; *Природное районирование Прикаспийской полупустыни*. М., 1979 и др.

Взаимодействие общества и природы на протяжении истории изучается сегодня на разных уровнях многими науками, в том числе и этнографией, интерес которой к этой проблеме диктуется и внутринаучными потребностями. Прослеживая историю конкретных народов мира, выявляя многообразие и единство их культур, этнографы не могут игнорировать сложные и непрерывно меняющиеся взаимоотношения человека с окружающей средой. Перед ними встает ряд вопросов: какова роль географической среды в хозяйственно-культурной дифференциации народов мира? какое место в природных системах эти народы занимали? как менялась сама среда в результате

воздействия на нее людей в зависимости от образа их жизни и уровня хозяйственно-культурного развития? В ходе изучения истории конкретных народов мира возникает потребность и в общей картине, в которой учитывалось бы многообразие природных условий жизни людей и уровни их хозяйственного и культурного развития. Для организации такого целостного исследования в условиях всей нашей планеты необходимо не только привлечение знаний, накопленных историческими науками, но и учет структуры и функциональных связей различных природных систем, знания о которых дают географические науки.

В дальнейшем мы будем использо-

вать представления географов о целостности географической оболочки Земли, важнейшие планетарные черты которой возникли в результате неравномерного притока солнечной энергии, и классификацию природных систем на три главных уровня: планетарный, проявляющийся в широких поясно-зональных закономерностях, региональный, отразившийся в своеобразии крупных природных регионов (континентов, стран, областей), и экологический (природные области, ландшафты, группы биогеоценозов).

В качестве единицы исторического взаимодействия общества и природы антрополог В. П. Алексеев предложил использовать не отдельные народы или этносы, а их типологические группировки, так называемые хозяйственно-культурные типы. Для решения экологических проблем ранней истории человечества он привлек концепцию советских этнографов М. Г. Левина и Н. Н. Чебоксарова об этнографических общностях — хозяйственно-культурных типах и историко-культурных или историко-этнографических областях<sup>1</sup>. Используя эти представления, мы сможем составить общую картину взаимодействия общества и природы в истории человечества.

### ХОЗЯЙСТВЕННО-КУЛЬТУРНЫЙ ТИП — ЕДИНИЦА ХОЗЯЙСТВЕННО-КУЛЬТУРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Хозяйственно-культурный тип определяется этнографами как исторически складывающиеся комплексы хозяйства и культуры, типичные для народов, различных по происхождению, но обитающих в сходных природно-ресурсных условиях и находящихся примерно на одинаковом уровне социально-экономического развития. Хозяйственно-культурные типы можно рассматривать как своеобразные системы, связывающие людей через механизмы культуры и хозяйственной деятельности с географической средой. Географическая среда, служившая на ранних этапах истории человечества главной основой производства, определяла разнообразие материального производства в разных экологических средах, что, в свою очередь, отражалось на формировании и закономерной смене

различных хозяйственно-культурных типов. Одни из них восходят в своем зарождении ко времени древнего расселения людей на планете, к периодам позднего палеолита, мезолита и неолита, другие появились позднее — в эпоху разложения первобытнообщинного строя и становления раннеклассовых обществ, рабовладения или феодализма. Промышленная революция, сопровождавшаяся становлением капитализма, в сельскохозяйственном производстве поставила между природой и человеком машину; она деформировала и даже разрушила некоторые хозяйственно-культурные типы, но многие из них еще существуют и теперь в обширной зоне развивающихся стран, где в сельском хозяйстве преобладают исторически сложившиеся традиционные формы ведения хозяйства, формы быта и культуры.

Все хозяйственно-культурные типы могут быть разделены на три основные стадияльно-типологические группы, которые различаются между собой все более и более высокой производительностью труда, а вместе с тем и нарастающей величиной прибавочного продукта. К первой группе относятся типы, у которых преобладает экономическая роль охоты, собирательства и отчасти рыболовства, ко второй — хозяйственно-культурные типы с мотыжным (ручным) земледелием и скотоводством, к третьей — с плужным (пашенным) земледелием и использованием тягловой силы домашних животных.

Даже на самых ранних этапах истории, в условиях присваивающего хозяйства, когда первобытный человек непосредственно зависел от пищевых ресурсов природной среды, его положение качественно отличалось от положения животных. Биологический вид человека далеко вышел за пределы древнейших очагов формирования. В процессе расселения и приспособления к различным ландшафтам мира человеческое общество дополнило естественную биологическую адаптацию искусственной адаптацией, создав культурную среду в зависимости от направления хозяйственной деятельности и образа жизни. Конкретными выражениями этой культурной среды вместе с механизмами ее воспроизводства и являются хозяйственно-культурные типы. Воплощая отношение людей к природе, хозяйственно-культурные типы включены и в экономические структуры общества. Они всегда тесно связаны со способом производства каждого социального организма, поэтому между хозяйственно-культурными типами и социально-экономическими форм-

<sup>1</sup> Алексеев В. П. Антропогеоценозы — сущность, типология, динамика. — Природа, 1975, № 7.

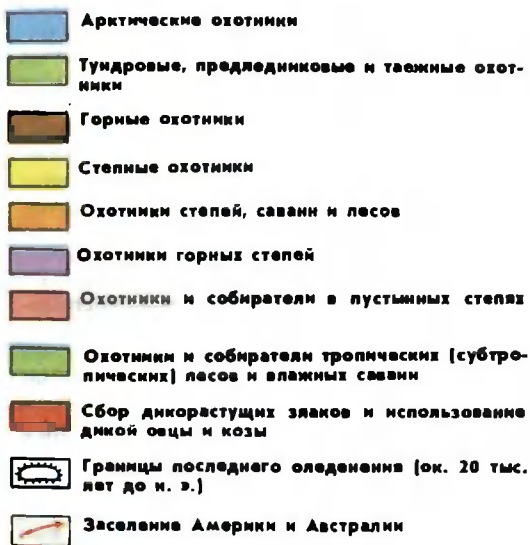


мациями всегда существуют самые тесные связи. Но если понятие «социально-экономическая формация» обобщает в самом широком плане историю человеческого общества и типологизирует ее на основе изучения смены способов производства, разделения труда и развития форм собственности, то понятие «хозяйственно-культурный тип» позволяет обобщить конкретные исторические и ареальные формы взаимодействия общества и природы в связи с развитием производительных сил, хозяйственной специализацией и культурной спецификой, меняющихся от эпохи к эпохе. Короче говоря, это понятие может быть использовано в качестве важной социокультурной единицы при решении конкретных вопросов исторического взаимодействия общества и природы на самом широком планетарном уровне. Совершенно ясно, что в своем историческом развитии хозяйственно-культурные типы были самым тесным образом связаны с многообразием природных систем, которые изучают географические науки.

В каждый исторический период влияние общества на природу было ограничено степенью познания законов природы и обусловлено уровнем развития производительных сил, что определялось законами общественного прогресса. Зависимость хозяйственно-культурного типа от экологических условий была всегда и всюду опосредована способом производства и уровнем социально-экономического развития каждого народа (этноса). В то же время направление хозяйства в конкретных географических условиях и определяли многие особенности традиционной-бытовой культуры народов — типы их поселений и жилища, одежды и средств передвижения, пищи и утвари. Особенности традиционно-бытовой культуры учитываются этнографами при историко-этнографической регионализации, выделении на мировой карте историко-этнографических или историко-культурных областей, представляющих собой такие территории, где у населения в процессе длительного взаимодействия и взаимовлияния сформировались многие общие особенности как материальной, так, в известной степени, и духовной культуры.

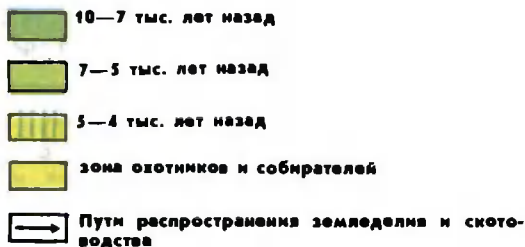
Группа народов, образующая одну историко-культурную область, может быть носителем нескольких хозяйственно-культурных типов, и, напротив, один и тот же хозяйственно-культурный тип может быть характерен для удаленных друг от друга народов. Эти два понятия как бы нахо-

**Заселение Земли к концу ледникового периода [10—9 тыс. лет до н. э.].**



**Расселение людей в Восточном полушарии 10—5 тыс. лет назад.**

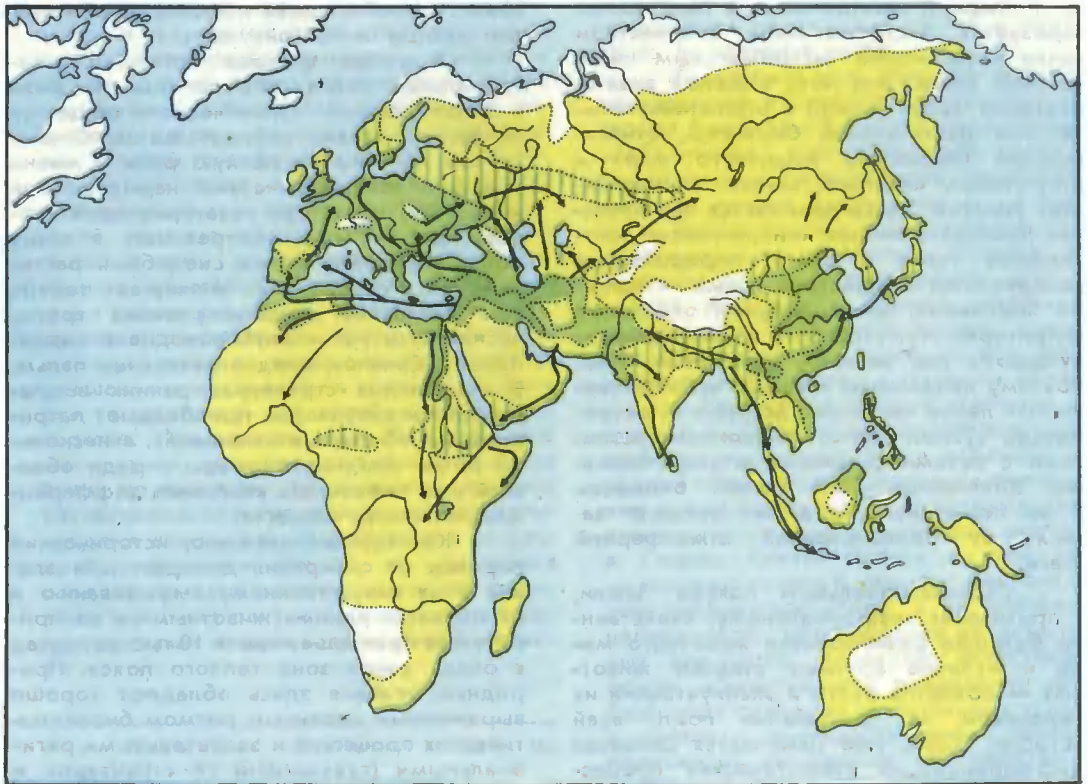
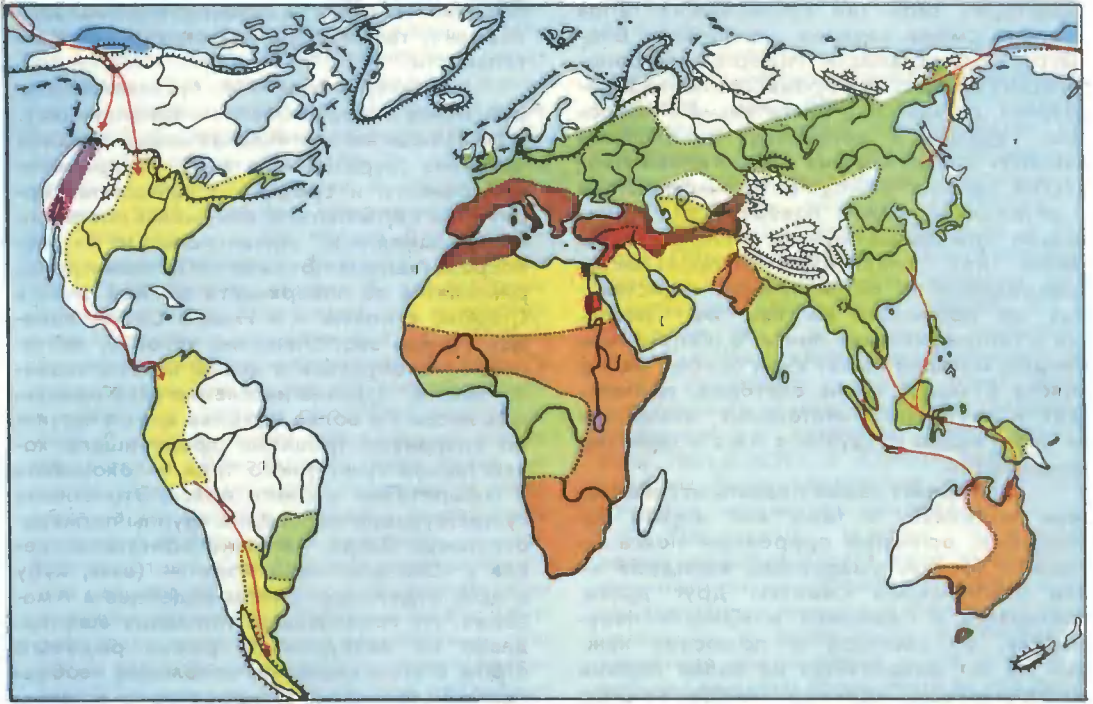
**Древнейшие районы земледелия и скотоводства:**



дятся в соподчиненных друг к другу отношениях, подобно тому как в ландшафтной оболочке соотносятся между собой планетарные поясно-зональные ландшафтные комплексы и региональные физико-географические области.

### ПЛАНЕТАРНЫЕ ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И ХОЗЯЙСТВЕННО-КУЛЬТУРНЫЕ ТИПЫ

Географические пояса представляют собой, наряду с природными секторами и регионами, основные территориальные и глобальные градации. Для каждого пояса



характерен свой тип соотношения тепла и влаги, смены сезонов, накопления биомассы, интенсивности гидрогеоморфологических процессов и процессов почвообразования, связанных с растительным покровом. Поясная (и зональная) однонаправленность климатических и экзогенных процессов, однако, приходя во взаимодействие с рельефом земной поверхности, значительно трансформируется. Меняется она также под влиянием секторальности, находящейся по интенсивности свойственных ей процессов на том же уровне, что и географические пояса. В общем виде каждый материк имеет свой особый набор поясов и зон, а также секторов, приморских и внутриконтинентальных, влияющих на циркуляцию воздушных масс и характер ландшафтов.

В пределах нашей планеты исследователи выделяют, с теми или иными вариациями, основные природные пояса — жаркий, теплый, умеренный, холодный — они закономерно сменяют друг друга, повторяясь в Северном и Южном полушариях, от экватора к полюсам; каждый из них разделяется на более мелкие соподчиненные единицы: пояса второго порядка и природные зоны.

Жаркий экваториальный пояс характеризуется экстремальным количеством тепла и не менее экстремальным количеством влаги. Это пояс влажных экваториальных лесов (гилей) с огромным количеством растительной биомассы, относительной бедностью животного мира и отсутствием сезонной смены климатических условий. Здесь намечается значительная пространственная контрастность соотношения тепла и влаги, определяемая конкретными морфоструктурами — горными массивами, защищающими отдельные территории от постоянного влияния формирующихся над океаном воздушных масс. Поэтому ландшафты влажных субэкваториальных лесов часто соседствуют с экстремально сухими плато, обширными равнинами с сухими саваннами и редколесьями. Количество растительной биомассы и ее периодичность в них всецело зависят от распределения атмосферной влаги.

Субэкваториальным поясам Земли, в противовес экваториальному, свойственно большое разнообразие животного мира и наличие крупных стадных животных — объектов охоты и эксплуатации их человеком на протяжении почти всей истории. Здесь уже намечается сезонная дифференциация климатических процес-

сов, влияющая как на характер и ритмы земледелия, так и на ритмы охотничьей деятельности.

Экваториальный и субэкваториальный пояса Старого Света — по-видимому, древнейшая «экологическая ниша» предков человека современного вида. На протяжении раннего и среднего палеолита территория первобытной ойкумены постепенно расширялась. Архантропы и их непосредственные потомки — палеоантропы, расселяясь по поверхности земной суши в Старом, а позже и в Новом Свете, попадая в иные экологические условия, постепенно приобретали и новые навыки хозяйствования. Однако население экваториальных лесов и в более позднее время частично сохраняло традиции древнейшего хозяйственно-культурного типа — охотников и собирателей жаркого пояса. Это и ныне существующие небольшие группы пигмеев-охотников Заира; частично обитателей лесов в Юго-Восточной Азии — (аэта, кубу и др.), отдельные группы индейцев в Амазонии. Их социальные отношения еще недавно не выходили за рамки родового строя. В этом сказались локальные особенности исторического процесса в жарком поясе, неравномерность развития общественного производства и культуры обитателей разных частей ойкумены.

Огромное видовое богатство экваториальных лесов сыграло главную роль в формировании человеческого общества на ранней стадии собирательства. Оно и до сих пор играет важную роль в жизни оседлых земледельческих народов этой зоны. Так, обитатели экваториальной Африки до сих пор употребляют в пищу более ста видов диких съедобных растений. Но основу их хозяйства теперь уже составляет культивирование тропических культур — клубнеплодов и корнеплодов, бананов, плодов различных пальм. В социальных структурах ранних земледельцев и скотоводов преобладают патриархально-общинные отношения, в несколько более поздние периоды в ряде областей уже наметилась классовая дифференциация многих обществ.

Как хорошо известно, исторический переход от собирания дикобрастущих злаков к их искусственному выращиванию и от охоты за дикими животными к их приручению произошел около 10 тыс. лет назад в очень узкой зоне теплого пояса. Природные условия здесь обладают хорошо выраженным сезонным ритмом биоклиматических процессов и значительными региональными (связанными со структурой и

орографией земной поверхности) различиями соотношений тепла и влаги, а также контрастностью увлажненности и ландшафтов — от лесов до пустынь. Сезонная дифференциация климата влияла и на характер земледелия, и на ритмы охотничьей деятельности. Переход от «присваивающих» форм хозяйства к «производящим» в этой зоне был обусловлен многими факторами и не только благоприятным «экологическим фоном» и техническим прогрессом каменной «индустрии» мезолитических обитателей, но и кризисным состоянием их охотничьего хозяйства<sup>2</sup>. Так, намечавшийся экологический кризис в этих поясах Земли как бы способствовал в известной степени прогрессу человечества. С того времени повседневная жизнь общества в производстве пищи стала зависеть уже не от удачи и ловкости охотника, а от умения человека выращивать культурные растения и разводить домашних животных. Сам процесс распространения навыков земледелия и скотоводства за пределы древнейших субтропических центров носил вначале ярко выраженный очаговый характер. Археологические и палеоэтноботанические исследования последних десятилетий подтвердили выводы Н. И. Вавилова о географическом размещении этих очагов и установили хронологические рамки «неолитической революции» в каждом из них. В этих очагах происходила смена охотников и собирателей оседлыми и полuosедлыми земледельцами и скотоводами, активно преобразовывались и развивались процессы приспособления местных природных ресурсов к нуждам обитателей. Именно здесь начался долгий и сложный путь от раннеземледельческих общин к классовым структурам и государствам Древнего Мира. Это был и путь развития традиционных форм хозяйства и культуры, специализации одних районов на орошаемом земледелии в долинах крупных рек, в других — на пастбищном скотоводстве. Отмеченное еще Ф. Энгельсом это первое крупное разделение труда было, по существу, разделением единого хозяйственно-культурного комплекса полuosедлых земледельцев-скотоводов (с ручными орудиями труда) на пашенных оседлых земледельцев с ирригацией (в долинах крупных рек) и кочующих скотоводов, жivotные начали хозяйственное освое-

ние пустынь жаркого, а позже и умеренного поясов.

В долинах великих исторических рек субтропического пояса регулирование паводков для орошения и создание оросительных систем сопровождало становление в IV—III тысячелетиях до н. э. крупных государственных образований, что коренным образом изменило характер взаимодействия общества и природы. Потрясаемые классовыми противоречиями и разрушительными войнами, древневосточные цивилизации пришли в I тысячелетии до н. э. в упадок. Появляются новые центры всемирно-исторического развития, связанные с иными хозяйственно-культурными комплексами. Так, например, складываются античные рабовладельческие государства в Южной Европе, для которых было характерно прежде всего плужное неполивное земледелие.

Природные условия умеренного пояса характеризуются ярко выраженным сезонным ритмом биоклиматических и других экзогенных процессов, большими региональными и зональными различиями в характере соотношений тепла и влаги (от избытка каждого компонента до его резкой недостаточности) и отсюда большим, чем в других поясах, разнообразием зональных ландшафтов — от сухих степей и полупустынь до таежных лесов.




Умеренный пояс занимает огромные пространства в Северном полушарии (Северная Америка и Евразия). Характерными особенностями этих территорий, также определяющими разнообразие ландшафтов, является четкое разделение их на сектора — океанический и континентальный, ярко выраженная сезонность климата, особенности строения поверхности. Для Северной Америки и Евразии характерно чередование обширных равнин, низменных и возвышенных, удобных для земледелия и скотоводства, с горными областями, где природные условия особенно разнообразны. Природное разнообразие ландшафтов умеренного пояса отразилось на темпах исторического процесса продвижения и дифференциации различных хозяйственно-культурных комплексов, особенно в Старом Свете. Нельзя в этой связи не вспомнить слова К. Маркса: «Не абсолютное плодородие почвы, а ее дифференцированность, разнообразие ее естественных продуктов составляет естественную основу общественного разделения труда, благодаря смене тех естественных условий, в которых приходится жить человеку, происходит умножение его собственных

<sup>2</sup> Будыко М. И. Глобальная экология. М., 1977, с. 239—254.






Хозяйственно-культурные типы земного шара на рубеже XIX—XX вв. (составил Б. В. Андрианов).



Первая группа хозяйственно-культурных типов (охотники, собиратели, рыболовы):

-  собиратели и охотники жаркого пояса
-  собиратели и рыболовы морских побережий и бассейнов больших рек
-  охотники и рыболовы холодного пояса





Хозяйственно-культурные типы с переходными формами хозяйства:

-  собиратели, «рубщики саго» [с ручным земледелием и рыболовством] жаркого пояса
-  мотыжкие земледельцы-охотники, собиратели жаркого пояса
-  оленеведы-охотники холодного пояса




Вторая группа хозяйственно-культурных типов (мотыжкое земледелие и скотоводство):

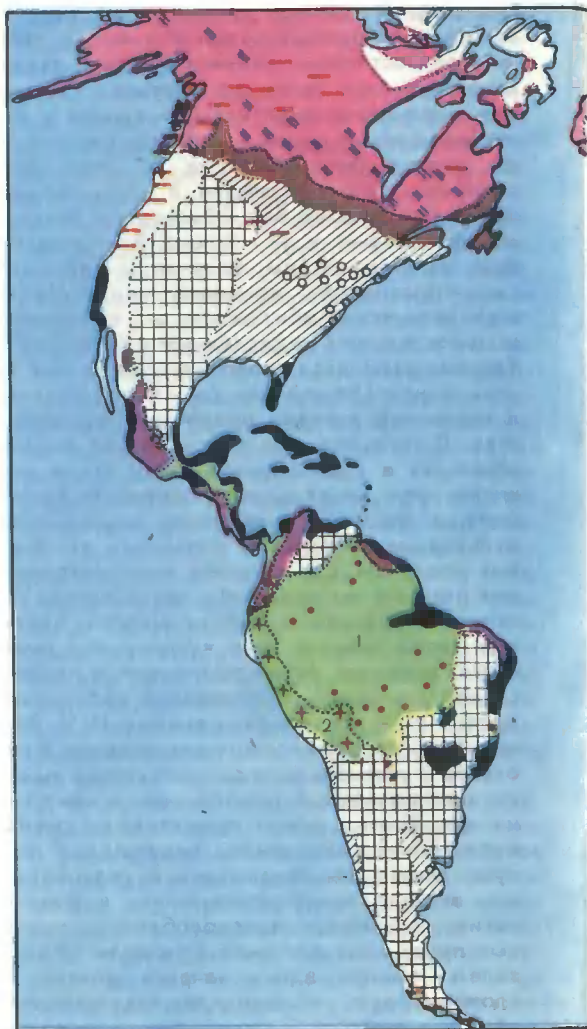
-  мотыжкие (ручные) земледельцы жаркого пояса: 1 — с переложным земледелием, 2 — с орошением.
-  скотоводы-земледельцы [с мотыжким земледелием] жаркого пояса

Третья группа хозяйственно-культурных типов (пашенное земледелие и скотоводство):





-  пашенные земледельцы и скотоводы жаркого пояса
-  пашенные земледельцы и скотоводы теплого пояса
-  пашенные земледельцы и скотоводы умеренного пояса
-  кочевники- и полукочевники-скотоводы аридной зоны

Трансформированные хозяйственно-культурные типы Нового времени:

-  морские кочевники-рыболовы и собиратели жаркого пояса
-  таежные охотники на пушного зверя
-  рыболовы и скотоводы островов и морских побережий умеренного пояса



Зоны нового времени:

-  зона высокоразвитого товарного земледелия
-  зона высокоразвитого товарного животноводства
-  зона высокоразвитого тропического плантационного земледелия
-  зона с преобладанием городского промышленного населения



потребностей, средств и способов труда»<sup>3</sup>.

В умеренном поясе наиболее широкое развитие в XIX — начале XX вв. получили хозяйственно-культурные типы, основанные на плужном (пашенном) земледелии. Именно здесь прежде всего начался в древности процесс отделения ремесла от сельского хозяйства. Развивалась сначала мануфактура, а затем и фабрично-заводская промышленность, но главной экономи-

ческой базой подавляющего большинства классовых обществ Азии, Северной Африки и Европы вплоть до эпохи капитализма было именно плужное земледелие. В Америке оно получило распространение только в XVI в., в Австралии и Океании — с XVIII—XIX вв.

В начале XX в. в ряде стран умеренного пояса Европы и Америки преобразование традиционных форм ведения сельского хозяйства зашло настолько далеко, что на месте прежних хозяйственно-культурных типов начали складываться новые

<sup>3</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 522.

комплексы экономического и бытового характера благодаря механизации, росту промышленного производства и городов. Однако традиционные комплексы продолжали в это время сохраняться в ряде областей с экстремальными природными условиями, в жарком и холодном поясах.

Холодным — арктическому и антарктическому — поясам свойственны очень низкие температуры воздуха, отсутствие лесов, скудная растительность тундр и ледотундр. Здесь с глубокой древности складывались специфические, но всегда суровые условия для жизни и деятельности человека, формировались специализированные хозяйственно-культурные типы полуседлых охотников на морского зверя и рыболовов, а в тундре Старого Света — оленеводов и бродячих охотников.

Анализ географического размещения хозяйственно-культурных типов по континентам мира показывает, что многие особенности хозяйственно-культурной дифференциации народов мира были в той или иной степени обусловлены планетарными поясами биоклиматическими условиями. Эта закономерность наиболее ясно заметна в жарком и холодном поясах, где в силу неравномерности исторического процесса почти до наших дней сохранились хозяйственно-культурные типы «присваивающей» стадии развития человечества. Имеем ли мы дело с экваториальными лесами Африки, римбой Индонезии, сельвой Амазонии в Южной Америке или арктической пустыней Северной Америки — везде еще можно встретить отдельных представителей этого хозяйственно-культурного типа. Как видно на карте, составленной для рубежа XIX—начала XX вв., в экваториальной и субэкваториальной зонах жаркого пояса стабильно сохраняются также и различные земледельческо-скотоводческие и чисто земледельческие хозяйственно-культурные типы, основанные на ручном труде.

Хорошо выражена зональность и в размещении хозяйственно-культурных типов в холодном поясе. Однако здесь уже можно констатировать определенные различия между Старым и Новым Светом. Так, оленеводство получило развитие лишь в Сибири.

Продолжая анализ карты, мы видим уже только фрагменты общепланетарной поясности хозяйственно-культурных типов, а в основном каждому материка в XIX — начале XX в. был свойствен свой определенный набор хозяйственно-культурных типов и историко-культурных областей.

И это понятно. На разнообразии и сходстве образа жизни народов отражались самые различные как исторические, социальные факторы, так и природные. Если хозяйственно-культурные типы в своем формировании испытали большое влияние со стороны поясно-зональных условий, то в историко-культурных областях можно обнаружить определенную связь с территориальными единицами физико-географического районирования — природными странами, областями, подобластями, а в отдельных случаях и районами. Признание подобных связей отнюдь не означает уступок географическому детерминизму, давно отвергнутому современной наукой.

### ПРИРОДНЫЕ РЕГИОНЫ И ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОБЛАСТИ

Выделяемые географами природные страны, области и подобласти, конечно, не могут точно совпадать с историко-этнографической регионализацией, ибо в их типологическом обосновании лежат совершенно различные закономерности: в одном случае природные, в другом — социально-исторические. Однако многие историко-культурные области могут быть четко ограничены территориально ландшафтными комплексами, что способствовало как формированию более тесных хозяйственных и культурных связей у обитавших там народов, так в ряде случаев и появлению представлений о культурной близости в рамках широких этнографических общностей.

В качестве примера можно привести Кавказ. Здесь живет около 50 народов, языки которых принадлежат трем семьям: кавказской, индоевропейской и алтайской. Народы Кавказа обладают своеобразными особенностями культуры и быта, что находит свое отражение в типах жилища, одежды, утвари, в нравах и обычаях. Конечно, каждый из крупных кавказских народов (грузин, армян, азербайджанцев, осетин и др.) имеет яркие, неповторимые черты традиционно-бытовой культуры, и в то же время очень многое их объединяет. Это является результатом хозяйственного, политического и культурного общения на протяжении столетий в пределах единой историко-культурной области. Специфические черты природы Кавказа безусловно отразились на формировании многих общих черт традиционно-бытовой культуры у разных кавказских народов.

Историко-культурные области, как и



хозяйственно-культурные типы, являются историческими категориями, возникшими и исчезавшими в процессах многообразного социально-экономического, политического и культурного развития конкретных народов и их группировок. Яркий пример сосуществования разновременных по происхождению историко-культурных областей — Австралийский континент, где сосуществуют две области. Одна из них — Аборигенно-австралийская — сформировалась в глубокой древности в процессе заселения континента австралийцами-аборигенами. Другая — Англо-австралийская, являющаяся порождением колониальной капиталистической экспансии Нового времени. Ее территория непрерывно увеличивается, а территория Аборигенно-австралийской быстро сокращается.

Историко-культурные области, занимая различные физико-географические территории, отличаются друг от друга набором хозяйственно-культурных типов, что обусловлено не только спецификой географической среды, но и характером исторического процесса. Можно, например, сопоставить две близкие по природным условиям историко-культурные области — Центральноафриканскую и Юго-Восточноазиатскую. В Африке преобладают хозяйственно-культурные типы, основанные на ручном палочко-мотыжном тропическом земледелии; в Азии широко распространено пашенное тропическое земледелие (переложное и ирригационное), ставшее экономической основой высоких цивилизаций этого региона.

Тропическая и отчасти субэкваториальная аридные части Африки — это область скотоводческо-земледельческих, а также кочевых хозяйственно-культурных типов. В экваториальной и субэкваториальной Африке преобладают полуседельные скотоводческо-земледельческие хозяйственно-культурные типы. Далее к югу располагается область хозяйственных экономических контрастов. Здесь в Ботсване и Намибии еще сохраняется небольшая зона «присваивающей» и отчасти «производящей» экономики. С ними соседствует зона высокотоварного капиталистического земледелия и скотоводства ЮАР.

Евразия — это материк широкого развития плужного (пашенного) земледелия и скотоводства. Хозяйственно-культурные типы здесь имеют свою специфику и распространены в разных природных зонах как умеренного, так и жаркого поясов. На востоке в южной приокеанической Азии, омываемой Индийским океаном, и на

островах Индонезийского архипелага и местами на самом материке распространены преимущественно оседлые земледельческие хозяйственно-культурные типы с ручным и пашенным земледелием и со значительно развитым рыбным промыслом. В аридных областях азиатского материка (в пустынях и полупустынях) на равнинах развиты хозяйственно-культурные типы кочевых и полукочевых скотоводов. Характерно для пустынь всего мира оазисное орошение. Поливное земледелие имеет также широкое распространение на аллювиальных равнинах, плато и в долинах рек, в пустынях умеренного пояса Евразии. Как видно, материка Евразии и Северной Америки резко различаются по их хозяйственно-культурной типологии, несмотря на то что хозяйственно-культурные типы исторически развивались здесь в пределах примерно одинаковых климатических поясов.

Это объясняется историческими судьбами народов, их населяющих, а также многообразием природных факторов, обусловленных не только поясами закономерностями, но и своеобразием зональной структуры и рельефа каждого природного региона.

Теперь традиционные хозяйственно-культурные типы еще сохраняются в развивающихся странах, отличающихся многоукладностью экономики, отсталостью деревни с традиционным образом жизни, полунатуральным хозяйством, архаическими социальными отношениями, унаследованными от прошлого. Многие элементы традиционных хозяйственно-культурных типов (в частности, народный сельскохозяйственный опыт) существуют и в развитых странах, в частности и в странах социализма. Некоторые из традиционных приемов хозяйствования представляют собой ценное культурное наследие. Поэтому они бережно сохраняются и получают дальнейшее развитие на новом техническом уровне.

Общая картина распространения хозяйственно-культурных типов на обширных пространствах умеренного пояса Евразии и Северной Америки, представленная на карте для конца XIX — начала XX вв., отражает практически уровень и характер развития сельского хозяйства до начала эпохи научно-технической революции. С ее началом значение хозяйственно-культурных типов как специфических социокультурных систем взаимодействия общества и природы быстро видоизменяется и сокращается.



## Серый варан

**Ю. К. Горелов,**  
кандидат биологических наук

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

Рептилии семейства варанов населяли Северное полушарие нашей планеты еще в позднем мелу (около 60 млн лет назад), т. е. были современниками динозавров, а род варанов встречается в Европе и Азии с нижнего миоцена (20 млн лет назад). Сейчас в мировой фауне насчитывается около 30 видов варанов. Населяют они южную Австралию, Индо-Малайский архипелаг, Азию и Африку. Обитают вараны в самых разнообразных условиях — лесах, саваннах, пустынях, хорошо лазают по деревьям и любят воду, а некоторые ведут полуводный образ жизни. Вараны — самые высокоорганизованные и крупные среди ныне живущих ящериц; комодский варан (о. Комодо, Индонезия), например, достигает в длину трех метров, а весит до 135 кг.

Серый варан (*Varanus griseus*) — единственный представитель рода варанов на территории нашей страны. Он населяет пустыни, предгорья, долины рек значительной части Средней Азии. На севере ареал его почти доходит до южного Устьурта, южного берега Аральского моря и отчасти заходит на территорию Казахстана — на небольшие участки Кызылкумов около р. Сырдарья, его можно встретить почти по всей Туркмении. В Узбекистане серый варан встречается по всем низ-



Взрослый варан.

менностям и предгорьям, за исключением западной части Каракалпакии и густозаселенных человеком районов. По долинам системы Сырдарья он проникает в Ленинабадскую область Таджикистана, Ферганскую область Узбекистана и в восточные районы Киргизии, а по долинам рек амударьинского бассейна заходит и в юго-западный уголок Таджикистана. За пределами нашей страны ареал серого варана охватывает пустынные районы Северной

Африки и Юго-Западной Азии до Пакистана включительно.

Сейчас ареал и численность серого варана повсюду сокращаются, он внесен в «Красные книги» Международного союза охраны природы, СССР, Казахстана и в подготавливаемые к печати «Красные книги» Среднеазиатских республик.

Автор заметки более 20 лет изучал биологию серого варана в южных районах Туркмении, преимущественно в Бадхызском заповеднике.

По сравнению с прочими ящерицами нашей страны серый варан — великан: вес крупного экземпляра может достигать 3,5 кг, а длина (с хвостом) — 150 см. Тяжелое туловище под-

держивают крепкие сильные ноги с острыми, слегка загнутыми когтями. Хвост сильный, неломкий (в отличие от большинства других ящериц), конец его несколько сплюснен с боков. В нем откладываются запасы жира, и толщина хвоста — лучший показатель упитанности ящерицы.

Этого обитателя песчаной пустыни не так просто заметить: его спина и бока оранжево-серые с темно-серыми пятнышками и размытыми поперечными полосами. Такая окраска делает затаившееся животное малозаметным, несмотря на его значительные размеры. Молодые вараны окрашены более ярко, но их желто-оранжевое тело маскируют черные поперечные полосы, создающие иллюзию игры светотени. Такая же маскирующая темная горизонтальная полоска проходит и через глаза варана, оканчиваясь на верхней части шеи.

Не только покровительственная окраска делает варана малозаметным в пустынной местности. На ярко освещенный песок от такого крупного жи-

вотного падает хорошо видимая тень, и все же вараны прекрасно приспособились скрываться. Распластавшись на песке, они плотно прижимаются к земле, тело их становится плоским и почти не отбрасывает тени. В таком «сплюсненном» виде варан часто затаивается, вместо того чтобы спастись бегством при приближении автомашины, и нередко гибнет под колесами.

Заметив приближающегося человека, варан чаще всего убегает. Из книги в книгу коучет утверждение, что скорость бегущего варана 100—120 м/мин и он не может обогнать быстро идущего человека. Между тем догнать варана (особенно молодого) на пятидесятиметровом отрезке человек как правило, не может. На коротких дистанциях эта ящерица развивает скорость по крайней мере в 3—4 раза превышающую ту, которую ей приписывают. Правда, пробежав несколько десятков метров, взрослый варан, по-видимому, теряет силу и резко замедляет бег.

Застигнутый врасплох, он принимает позу угрозы: сильно раздувая туловище и горло, приподнимается на ногах и раскрывает пасть. Разверстая

пасть красно-розового цвета, из которой выссовывается длинный с раздвоенным кончиком язык, производит устрашающее впечатление. Мало того, при этом варан еще громко, совсем как гюрза, шипит. Такое шипение надежно отпугивает и человека и животных, особенно в Средней Азии, где много ядовитых змей. Если же угрожающая поза и шипение не действуют на противника, варан, полуразвернувшись к нему боком, хлещет хвостом из стороны в сторону. Удар хвоста не опасен для человека.

Попав в безвыходное положение, варан пускает в ход зубы. Сплюснутые с боков, они похожи на кончик изогнутого двуострого кинжала. Под лупой видно, что лезвия некоторых зубов зазубрены по передней или задней, а иногда и по обеим режущим сторонам. Зубы длиной до 4,5 мм, шириной — 2,8 и толщиной 1,5 мм слегка загнуты назад. По способу прикрепления зубы варана плевродонного типа: они прирастают к поверхности челюстных костей своим уплощенным основанием и по мере снашивания заменяются новыми. Для перекусывания или пережевывания пищи зубы варана непригодны, поэтому он заглатывает добычу целиком.

Молодой варан с пойманной фалангой.



Вцепившись в противника или жертву мертвой хваткой, варан время от времени мотает головой из стороны в сторону, разрывая рану. Кроме боли от укуса, у человека может повыситься температура, возникнуть головная боль, тошнота. Полагая, что ухудшение общего состояния здоровья может быть связано с действием слюны варана, мы совместно с П. П. Гамбаряном обследовали слюнные железы рептилии, а затем были поставлены опыты на лабораторных крысах и птенцах полевого воробья.

Слюнные железы, расположенные на нижней челюсти с наружной стороны зубов, вытянуты в длину и снабжены выводными протоками. Когда варан закрывает рот, протоки оказываются против верхних зубов, и при укусе слюна легко попадает в рану. Оказалось, что при внутримышечном введении крысам слюны варана, разбавленной физиологическим раствором, у них через 5—8 мин исчезают ориентировочные реакции, крысы становятся неподвижными, а через 30—40 мин после инъекции нормальное поведение животных восстанавливается. Аналогична реакция (но более быстрая) и у воробьев. Если же в раствор слюны добавить пенициллин или стрептомицин, у крыс развивается более слабая реакция, так же как и на введение слюны, предварительно прогретой в течение 30 мин при 80° С. Введение стерилизованной слюны (100° С, 30 мин) никакого действия на крыс и воробьиных птенцов не оказывает. Очевидно, слюна варана содержит токсичный компонент белкового характера, который теоряет активность при кипячении, правда нельзя исключить и бактериального загрязнения, хотя мы и промывали полость рта варана перед взятием слюны. Пока полученные результаты мы считаем предварительными, но биологическая целесообразность ядовитости слюны очевидна, поскольку ее действие приводит к обездвиживанию добычи.

Варан — дневной хищник. Выходя на охоту, он неторопливо обследует участок, особенно тщательно проверяя все норы. Совсем мелкую добы-

чу — скопившихся личинок пустынной саранчи — он просто слизывает языком. Обнаружив яйца черепах, птиц или маленьких черепах или птенцов (часто это бывают жаворонки, гнездящиеся на земле), варан сначала ощупывает их языком, затем, схватив, сдавливает челюстями и заглатывает. Иное дело крупная подвижная жертва: варан делает резкий рывок в ее сторону, и если ее не удается схватить, иногда преследует добычу метров 20—30. Поймав, например, большую песчанку, варан встряхивает зверька, мнет его о землю и заглатывает. Крупную добычу ему приходится заглатывать долго, змеобразно извивая шею и с трудом проталкивая пищу через горло.

Изучая варана, мы старались пользоваться бескровными методами. В частности, чтобы узнать чем он питается, автор разработал простой способ прижизненного промывания желудка (обычно же рептилий убивают и вскрывают желудок). Пойманному варану мылили в пасть воду до тех пор, пока не наполнялся желудок и пищевод, а затем, держа рептилию за хвост, вытряхивали содержимое желудка на землю. Всего около 12 мин уходило на то, чтобы поймать варана и записать результаты опыта:

Как выяснилось из наших многолетних работ, в рацион серого варана входят все животные, которых он может поймать и проглотить, за исключением резкопахнущих (медляков — крупных жуков семейства чернотелок). Состав пищи сильно меняется по сезонам и годам. Обычно преобладают массовые виды: в «мышинные» годы — грызуны (чаще всего афганская полевка), весной — маленькие черепашки не старше трех лет и ящерицы — степные агамы и длинноногие сцинки; в начале лета — массовые виды саранчовых. Однажды в желудке варана мы нашли выводок птенцов сорокопута, за которым хищнику пришлось, видимо, лезть на фисташковое дерево. Охотно ест варан и змею — песчаного удавчика, разных полозов, стрелу-змею. А в долине р. Мургаб в 1961—1964 гг. (по наблюдениям А. В. Рюмина)

вараны специализировались в охоте на многочисленных там в то время гюрз. Укус этой ядовитой змеи заметного действия на варана не оказывает.

В годы с обильными осадками в Бадхизе вырастает густая высокая трава, и варану трудно отыскать себе пищу. Он вынужден чаще, чем обычно, выходить на грунтовые дороги, его суточная активность увеличивается за счет утренних и вечерних часов, когда он может добыть сольпуг (фаланг).

В заповеднике Кедровая балка варан иногда уничтожает кладки фазанов, а в Южной Туркмении забирается в курятники на окраинах поселков. Однажды этот хищник чуть не попутался жизнью за съеденных в один присест девять яиц и пару двухмесячных цыплят. Такие случаи бывают крайне редко, но все же местное население варанов не жалуется. Автору заметки не раз приходилось спасать варана от гнева хозяев домашней птицы.

Серый варан в общем-то обитатель безводных пустынь и предгорий. Однако, встретив лужу, полупересохшую речушку, родник, он охотно пьет воду, купается и даже ловит пресноводных крабов. Обычно же довольствуется влагой, содержащейся в съеданной пище. С пищей же он получает и соли. Интересно, что у варана мы обнаружили активно действующие солевые железы (выходные отверстия их находятся в передней части носовых ходов), через которые выводится избыток солей. Такие же солевые железы раньше были известны только для морских видов рептилий<sup>1</sup> и сухопутных форм пустынных игуанид, питающихся солянками и растениями с повышенным содержанием солей.

Такие железы у варана — приспособление к жизни в безводной пустыне, где каждая капля влаги на счету. Есть у него и еще приспособления к суровым жизненным условиям.

У большинства видов рода варанов ноздри открываются близко к кончику морды. Эта

<sup>1</sup> З а к с М. Г. «Плач» морских рептилий и птиц. — Природа, 1961, № 8, с. 104.

морфологическая особенность целесообразна при полуводном образе жизни. У серого же варана носовые ходы изогнуты буквой «Л», острым концом направлены вперед и открываются вблизи глаз. Поэтому при обследовании песчаных нор носовые ходы не забиваются песком.

По верхней боковой кромке плоского черепа взрослого варана козырьком тянется кожный выступ, сильно нависающий над глазами. От этого козырька на глаза падает тень и, очевидно, предохраняет их от слишком яркого среднеазиатского солнца. У молодых варанчиков кожный выступ не закрывает глаза.

О внутривидовых взаимоотношениях серого варана почти ничего не известно. Шрамы на взрослых самцах позволяют предположить, что встречи их не всегда оканчиваются мирно.

В июне половозрелые самки (старше трех лет) роют извилистые, почти вертикальные норы длиной в 140—150 см на глубину от 50 до 80 см и откладывают яйца. В кладке может быть до 34 яиц, а их максимальные размеры — 55 × 32 мм. Молодые варанчики, очевидно, вылупляются поздней осенью и до весны живут в норах.

У взрослых варанов почти нет врагов, маленькие же варанчики могут стать жертвой даже своих взрослых сородичей. Охотятся на них и некоторые хищные птицы — змеяда, стервятник. Медоед, специализирующийся на выкапывании спящих черепах, может загрызть и случайно найденного спящего варана. Но навряд ли кто-нибудь нападает на взрослых варанов, нам такие случаи неизвестны. Хотя мы неоднократно находили остатки варана в гнездах черного грифа, скорее всего, этот падальщик приносит ящериц, погибших под машинами (раздавленных варанов мы не раз встречали на грунтовых дорогах, куда они выходят в поисках пищи, когда пустыня покрывается высокой травой после обильных дождей).

Влияют ли на смертность варана паразитирующие на нем животные (обнаружены 7 видов гельминтов, 2 — споровики, 4 — клещей и один вид моски-

та) — неизвестно. Истощенные, явно больные ящерицы встречаются крайне редко.

Главная причина сокращения численности и ареала серого варана — деятельность человека. В конце 20-х и в 30-е годы варанов отлавливали в массовом количестве, их шкура шла на экспорт и использовалась для изготовления дамских сумочек и прочих галантерейных поделок. Заготовки нанесли большой ущерб виду: в Туркмении уже к 1932 г., а южных Кызылкумах в 1937 г. вараны стали редкими, и только через много лет подорванная заготовками численность варана восстановилась; к счастью, отлов их был запрещен еще в 1931 г.

Сейчас варанов отлавливают только для зоопарков и научных исследований. Это не наносит заметного ущерба, но парадоксально то, что иногда герпетологи слишком усердствуют в своей работе: один из них ухитрился обследовать 166 желудков, погубив при этом столько же варанов. С какой бы целью ни отлавливали этих ящериц, нельзя этого делать в одном и том же районе, поскольку можно таким образом погубить популяцию.

Были даже попытки использовать мясо варана в гастрономических целях, но, к счастью, эти попытки не вышли из стадии экзотического эксперимента.

Все это частные случаи или неумеренного, или безответственного уничтожения варанов. Основная же причина их исчезновения — освоение целого ряда новых районов Средней Азии. Антропогенные изменения местобитания подрывают кормовую основу, и варан вынужден покидать места, в которых обитал тысячелетиями.

За короткий срок варан исчез в Голодной и Дальверзинской степях бассейна Амударьи. На грани уничтожения находится ферганская популяция, теперь изолированная от основного ареала вида примерно 200-километровым участком. В средней части бассейна Амударьи такое же положение. Резко сократилась численность варана в Каршинской степи и Сурхан-Шерабдской долине южного Узбекистана. В долинах

таджикских притоков Амударьи — Кафирнигана и Вахша варан уже исчез в некоторых районах, и этот процесс продолжается.

Правда, сокращение численности и ареалов есть не катастрофическое, еще есть время предпринять необходимые меры для сохранения вида на территории нашей страны. Вымирание варана в густонаселенных районах в большинстве случаев, пожалуй, неизбежно, но сохранить его на обширных территориях, слабо используемых человеком, еще можно. Необходима разъяснительная работа среди местного населения, участников разных экспедиций и прочих временно пребывающих в пустынях лиц; особенно должны быть осторожны водители автомашин, курсирующих по территориям, где водится варан.

В сохранении этой ящерицы велика роль и системы заповедников. Сейчас в Средней Азии их становится все больше, но, к сожалению, охрана, как правило, слабо налажена. Территория заповедников обычно недостаточно велика для сохранения этих подвижных немногочисленных животных. По пролегающим через некоторые заповедники, в частности и Бадхызский, дорогам часто проходят автомашины, уничтожая затаившихся варанов. Только создав действительно заповедный режим на территории как вновь создаваемых, так и давно существующих заповедников Средней Азии, можно сохранить и варана и других уникальных животных.

Пока не удается наладить размножение варанов ни в отечественных зоопарках, где они живут всего около двух лет (только в Ленинградском немного дольше), ни в лабораторных условиях. Следовательно, полное заповедное местобитание варана — пока единственная возможность увеличить его численность в тех местах, где он еще сохранился.

С чисто прикладной точки зрения, варан — не самое ценное из животных пустыни, но своим древним обликом он напоминает о давно ушедших эпохах и придает пустыне своеобразное очарование.





## Солнце как звезда

А. Б. Северный



Андрей Борисович Северный, академик, директор Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Автор большого количества работ по проблемам внутреннего строения звезд, активности Солнца, магнетизма Солнца и звезд. В последние годы разрабатывает проблемы нового научного направления — гелиосейсмологии. Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии СССР. Член Международной академии космонавтики, Геттингенской академии наук, Королевского астрономического общества (Англия), почетный доктор университетов Ньюкасла и Вроцлава.

В мае Андрею Борисовичу Северному исполняется 70 лет; редколлегия и редакция журнала «Природа» поздравляют его с этой датой, желают доброго здоровья и новых успехов в научной деятельности.

Астрономы, исследующие Солнце, или гелиофизики, основное внимание уделяли и уделяют процессам, происходящим в его поверхностных слоях (в фотосфере и хромосфере). Только в последние 10—15 лет мы вспомнили, что Солнце — это прежде всего одна из гигантского множества (более  $10^{10}$ ) звезд нашей Галактики, свойства которой в целом — как звезды — не очень хорошо изучены.

Известны масса ( $2,0 \cdot 10^{27}$  т), радиус ( $6,95 \cdot 10^5$  км), полная лучистая энергия (или светимость), выделяемая Солнцем в окружающее пространство ( $3,85 \cdot 10^{24}$  Вт). После обнаружения солнечного ветра было подсчитано, что за год Солнце теряет  $3 \cdot 10^{-14}$  своей массы, т. е. ничтожную долю. (При такой скорости потери массы все вещество Солнца рассеется за  $10^{14}$  лет — срок, примерно в тысячу раз больший «возраста» Вселенной.) Хорошо известно, что активность Солнца, т. е. появление на его поверхности пятен, вспышек, факелов, флоккулов, протуберанцев и других актив-

ных образований, усиливается и ослабевает с 11-летней периодичностью. К сожалению, гораздо меньше данных о магнитном поле Солнца; правда, давно было обнаружено чередование магнитной полярности пятен в Северном и Южном полушариях Солнца с периодом, в 2 раза большим периода активности, т. е. через 22 года. Кроме того, имеются данные, что Солнце излучает в рентгеновском и радиодиапазоне даже в «спокойные» периоды, когда его активность слаба или вовсе отсутствует. Однако особо интенсивное излучение в этих диапазонах связано все же с активными образованиями на поверхности Солнца, которые временами становятся также источниками  $\gamma$ -излучения и космических лучей.

Нижняя часть видимой атмосферы Солнца — фотосфера — имеет грануляционную структуру, свидетельствующую о наличии конвективного слоя у поверхности Солнца. Выше фотосферы располагается хромосфера — слой, где резко, на протяжении 10 тыс. км, возрастает температура: от 5700 К внизу до 50 000 К в верхнем ее ярусе. Именно в этом слое формируется большинство эмиссионных линий в спектре Солнца, причем видимый диапазон спектра можно наблюдать с помощью наземных телескопов во время полных солнечных затмений, а его ультрафиолетовый край хорошо регистрируют спектральные прибо-

Солнечная корона и протуберанцы на краю Солнца. Фотография получена во время полного солнечного затмения 31 июля 1981 г. в Казахстане С. Кучми, сотрудником Института астрофизики (Париж, Франция).

ры, установленные на искусственных спутниках Земли.

Над хромосферой располагается корона — сильно разреженная, простирающаяся до нескольких радиусов Солнца оболочка, температура которой достигает 1 млн градусов. До сих пор остается неясным вопрос о механизме столь сильного разогрева хромосферы и короны. Равным образом мы еще далеки от окончательного понимания процессов, лежащих в основе явления солнечной активности, несмотря на обилие теоретических работ.

Итак, мы еще раз напомним читателю все имеющиеся к настоящему времени сведения о Солнце. Хотелось бы подчеркнуть, что, ограничиваясь изучением только периферии Солнца, мы поступаем подобно тому исследователю, который, стремясь понять, что такое человек, изучает только его кожный покров. Хотя теоретики довольно давно и много сделали для понимания процессов, происходящих внутри Солнца, исходя из общих соображений физического характера, всегда представлялись важными и нужными попытки экспериментального изучения Солнца как звезды. И здесь перед астрономами в первую очередь встает вопрос, какое место Солнце занимает среди звезд, т. е. каким бы его увидел наблюдатель, удаленный от него на расстояние ближайших звезд? Частично этот вопрос можно решить с помощью наземных наблюдений Солнца как звезды, т. е. с помощью некоторых оптических приспособлений получить изображение Солнца не в виде диска, а в виде сияющей точки, подобной звезде. Сейчас такие приемы используются довольно часто; впервые же, в 1968 г., насколько нам известно, такой прием был применен в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР (КрАО АН СССР) для изучения магнитного поля Солнца<sup>1</sup>.

### МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ХРОМОСФЕРЫ СОЛНЦА И ЗВЕЗД

Многие звезды (преимущественно ранних спектральных классов А, с особыми свойствами спектра — большим количеством линий редкоземельных элементов) обладают магнитным полем, величина которого периодически изменяется. Обычно эти колебания приписывают вращению звезд: если магнитная ось звезды не совпадает с осью вращения, мы будем наблю-

дать периодические колебания как величины, так, возможно, и знака поля (если представить себе магнитное поле звезды как поле диполя). Однако существуют магнитные звезды, у которых изменения поля нельзя связать с вращением, так как вращение у них либо отсутствует, либо весьма незначительно; в этом случае предполагают, что изменения магнитного поля — результат некоторых колебаний поверхности звезды или происходящих внутри нее процессов (например, вынос магнитного поля из глубин), меняющих ориентацию и направление этого поля. Примером может служить сверхгигантская яркая звезда у Лебедя, у которой, по наблюдениям в КрАО, впервые было обнаружено магнитное поле, величина которого не превосходит 100 Гс, однако вращается эта звезда чрезвычайно медленно.

У Солнца как звезды также обнаружены слабые колебания магнитного поля, хорошо коррелирующие с вращением его вокруг оси с периодом 27 дней. Эти колебания, связанные с вращением, бывают двоякого рода. Временами Солнце ведет себя как магнитный диполь, вращающийся вокруг оси, перпендикулярной магнитной оси (подобный вид поля основан на наблюдениях его секторной структуры), а временами — как это было, например, в 1968—1969 гг. — как магнитный квадруполь, когда поле меняет знак 4 раза за один период вращаения. Оказалось, что эти изменения знака поля хорошо согласуются с изменениями знака межпланетного магнитного поля солнечного ветра, измеряемого с помощью искусственных спутников. Этот результат, полученный впервые в 1969 г. нами<sup>2</sup>, а затем и Дж. Вилкоксом (США)<sup>3</sup>, показал, что магнитное поле Солнца как бы выносится в пространство потоком солнечного ветра, сохраняя преобладающий знак поля видимой поверхности Солнца вплоть до орбиты Земли. Как выяснилось в дальнейшем, знак поля Солнца находится также в хорошем согласии со знаком возмущений геомагнитного поля. Подобный вынос солнечного магнитного поля объясняется, по-видимому, большой проводимостью плазмы солнечного ветра, благодаря чему магнитное поле как бы «вморожено» в эту плазму.

Однако еще наблюдения 1968 г. показали, что наряду с регулярными измене-

<sup>2</sup> Severny A. B.— Quart. J. Roy. Astron. Soc., 1971, № 12, p. 363.

<sup>3</sup> Wilcox J. M.— Comments Astrophys. and Space Phys., 1972, № 4, p. 141.

<sup>1</sup> Severny A. B.— Nature, 1969, v. 224, p. 53.



Спектрограмма Солнца в лучах линии К ионизированного кальция, полученная 26 августа 1967 г. в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Видны мелкие очаги эмиссии (светлые точки), рассеянные по всему диску Солнца, и более протяженные светлые облака — кальциевые флоккулы.

ниями солнечного магнитного поля, происходящими из-за вращения Солнца, имеются нерегулярные, внезапные и быстрые изменения (в течение 1—2 дней), реальность которых подтверждают измерения межпланетного поля. Эти изменения, не связанные с солнечной активностью, пока остаются необъясненными, хотя, возможно, они возникают в результате всплывания из глубин Солнца новых магнитных полей или порождены бегущим вокруг Солнца возмущением магнитного поля. Аналогичные ситуации встречаются и у магнитных звезд.

Хочется подчеркнуть, что упомянутые здесь колебания магнитного поля Солнца не имеют прямого отношения к магнитным полям солнечных пятен и связанных с ними активных областей, так как площадь пятен слишком мала, чтобы дать заметный вклад в магнитный поток от всего Солнца в целом.

Остается невыясненным вопрос, почему, несмотря на изменения солнечного магнитного поля, свидетельствующие о дол-

готном чередовании его знаков, обычные наблюдения в среднем указывают на дипольный тип поля с осью диполя, почти совпадающей с осью вращения Солнца (т. е. знак солнечного магнитного поля различен в среднем только в обеих полярных шапках Солнца). Правда, временами на одном из полюсов Солнца поле вовсе исчезает, но в целом полярность поля на полюсах меняется, по-видимому, с 22-летней циклическостью.

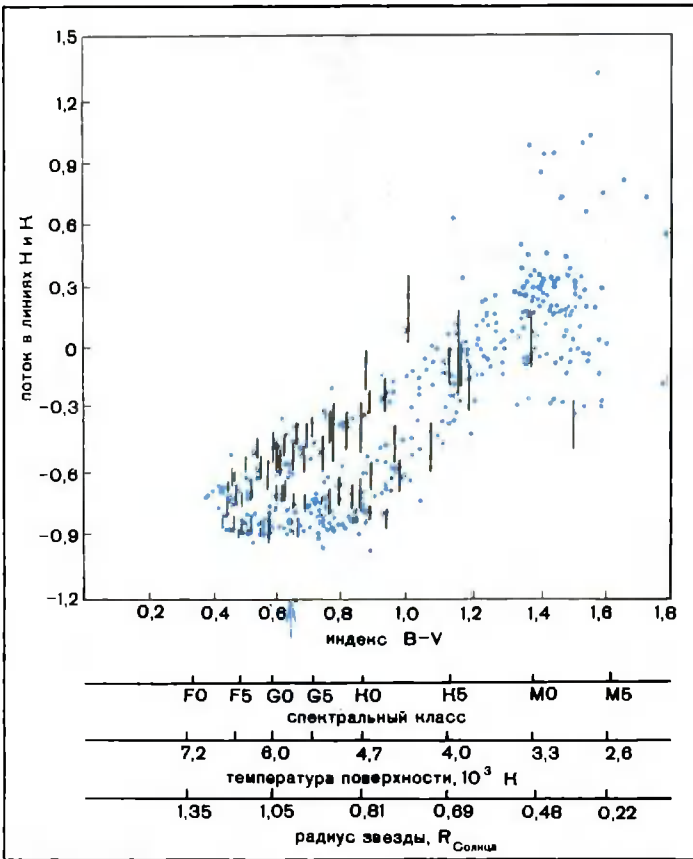
Недавно выяснилось, что очень важной характеристикой магнитного поля и других свойств звезд типа Солнца (температуры поверхности, скорости их осевого вращения, возраста звезды и др.) является эмиссия в резонансных линиях H и K иона кальция. В спектре Солнца это самые сильные (широкие и глубокие) линии поглощения; было обнаружено, что на фоне этих линий поглощения возникает узкий эмиссионный пик (так называемое эмиссионное обращение), который в основном обусловлен хромосферой Солнца. Если сфотографировать Солнце в лучах этой эмиссии, станет видно, что почти вся поверхность Солнца усеяна мелкими пятнышками, где образуется эмиссия; имеются даже целые области — кальциевые флоккулы, занятые ею. Чем больше активность Солнца, тем больше таких флоккулов и тем они ярче. Оказалось, что положение кальциевых эмиссионных образований на Солнце тесно

связано с местами усиления магнитного поля. Таким образом, для Солнца, да и вообще для всех звезд, эмиссия в линиях Н и К может быть индикатором важных характеристик звезды в целом, в частности наличия магнитного поля и, в известной мере, его потока через всю поверхность звезды.

Это обстоятельство привело в свое время к открытию эффекта Вилсона — Бапу: зависимости величины эмиссии в линиях Н и К от полной светимости звезд. В последнее десятилетие это явление было изучено

особенно в интервале спектральных классов от К5 до F5. Пока объяснения этому эффекту не найдено.

В процессе дальнейших наблюдений было установлено, что у многих звезд с усиленной эмиссией кальция имеются вполне обнаружимые магнитные поля; но что самое важное — величины эмиссии и магнитных полей меняются со временем. Изменения, происходящие в течение нескольких дней, связаны как с вращением звезд, так и с ростом и затуханием их активности. Наблюдения, проводившиеся около 17 лет,



Диаграмма, показывающая зависимость величины потока эмиссии в линиях Н и К (в относительных единицах) от показателя цвета В—V звезд типа Солнца. (На главной последовательности большие В — V соответствуют красным звездам, меньшие — желтым и белым.) Эта зависимость получена недавно для 91 звезды типа Солнца на обсерватории Маунт-Вилсон (США). Черточки показывают пределы изменения потоков в линиях Н и К; положение Солнца отмечено стрелкой. Внизу приведены также шкалы соответствующих спектральных классов звезд, температур их поверхности и радиусов (в долях радиуса Солнца).

подробно в обсерватории Маунт-Вилсон (США) и привело к ряду важных и интересных результатов. На одном из рисунков приведена зависимость величины потока в линиях Н и К от таких параметров звезды, как ее цвет, спектральный класс, температура поверхности и радиус. Характерная особенность распределения — его бимодальность, т. е. наличие двух областей значений потока в большей части диаграммы,

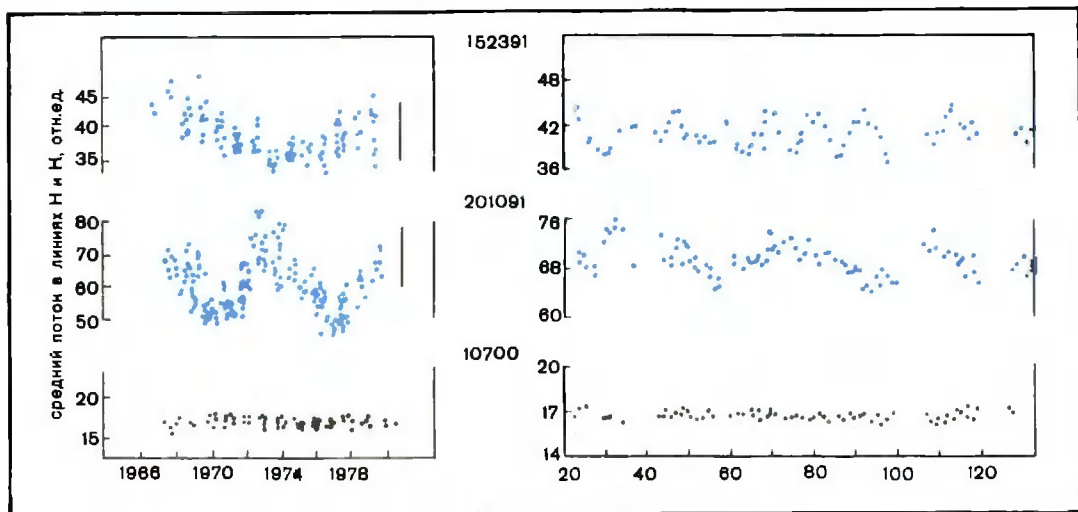
показали наличие длинных (в один год и более) циклов активности у звезд; кроме того, обнаружены циклы, близкие к солнечному (около 10 лет). Было установлено, что поток эмиссии в Н- и К-линиях падает с уменьшением скорости вращения звезд и с увеличением их возраста. Это наблюдение отражает также эволюционный эффект падения скорости вращения с возрастом, который возникает, вероятно, из-за



того, что звездный ветер тормозит вращение звезды. Интересно, что не только эмиссия в линиях H и K, обусловленная хромосферой, но и эмиссия ряда других хромосферных линий (трехкратно ионизованного углерода, азота и железа, двукратно ионизованного магния и др.), наблюдаемых в далекой ультрафиолетовой области спектра, также убывает с возрастом звезд. Более того, рядом авторов (в том числе Г. Вайаной, Италия<sup>1</sup>) показано, что у звезд типа Солнца с ростом эмиссии в линиях кальция (и других хромосферных линиях) ра-

штейн»), а также в радиодиапазоне, на длине волны 6 см.

Таким образом, поток, измеренный в линиях H и K и других линиях хромосферы, — очень чувствительный и важный индикатор мощности хромосферы звезд; кроме того, его величина тесно связана с рентгеновским и ультрафиолетовым излучением звезд, их магнитным полем, вращением, а также с возрастом. Поэтому за последнее время исследование эмиссии в линиях H и K (а также в других хромосферных линиях) приобрело большую акту-



Зависимость величины потока эмиссии в линиях H и K от времени для некоторых звезд: слева — от года к году, справа — от дня ко дню. Номер звезды указан по каталогу Г. Дрепера. У двух звезд видны периодические изменения потока; внизу для примера показана звезда, у которой таких изменений не наблюдается.

альность, в особенности для звезд типа Солнца. Наше светило оказалось звездой со сравнительно небольшой хромосферной эмиссией (иногда говорят, хромосферой небольшой «мощности»), ее магнитное поле невелико, в среднем порядка 1 Гс, с колебаниями не выше этой величины; она медленно вращается, т. е. представляет собой довольно старую звезду — карлик (если следовать терминологии деления звезд на гигантов и карликов).

## ВРАЩЕНИЕ И КОЛЕБАНИЯ СОЛНЦА

стает доля излучения, приходящаяся на рентгеновский диапазон. Это излучение возникает в околозвездных коронах. Одновременно растет и величина магнитного поля. Так, у некоторых звезд, например у звезд типа RS Гончих Псов, короны непосредственно наблюдались в рентгеновской области спектра (по данным американской космической обсерватории «Эйн-

Возникает, однако, следующий космогонический вопрос, связанный с вращением Солнца: почему в планетной системе сосредоточен почти в 100 раз больший момент вращения, чем у Солнца (исходя из предположения, что оно вращается с той же скоростью, что и его поверхностные слои)? Если планетная система возникла из Протосолнца, то, согласно закону сохранения моментов, Солнце должно было вращаться гораздо быстрее. Этот воп-

<sup>1</sup> Vainana G. Solar and stellar magnetic fields: origins and coronal effects. — In: Proc. IAU Symp. № 102. Zürich, 1982.

рос, издавна беспокоивший космогонистов, до сих пор остается невыясненным. Но он наводит на мысль, что если планеты действительно возникли из Протосолнца, то момент вращения может быть «запрян» где-то в глубинах Солнца, т. е. его внутренние части («ядро») вращаются значительно быстрее, чем поверхность.

Делались попытки решить этот вопрос с помощью спектроскопических исследований — по линиям, образующимся на разной глубине в атмосфере Солнца. Астрономы пытались выяснить, нет ли роста угловой скорости вращения вглубь солнечной атмосферы; однако полученные результаты, хотя и указывали на такую возможность, но не были вполне достоверными. Поэтому проблема оставалась открытой до 1974 г., когда Р. Дике и Г. Гольденберг (США) сообщили, что ими обнаружена сплюснутость Солнца, указывающая на более быстрое вращение его внутренних частей (с периодом около 12 дней вместо 27 дней на поверхности)<sup>5</sup>. Из этого был сделан далеко идущий вывод, что у Солнца должен существовать квадруполярный момент вращения, с учетом которого нельзя объяснить вращение перигелия Меркурия, даже приняв поправки, даваемые теорией относительности Эйнштейна. Однако в 1975 г. Г. Хилл с сотрудниками (США) показал, что результат Дике объясняется различием степени потемнения солнечного диска к полюсам и экватору<sup>6</sup>. Необходимость в радикальном пересмотре гравитационных эффектов отпала, но одновременно Хилл сообщил о наличии колебаний края солнечного диска с периодами от 40 до 60 мин. В это же время в КраО АН СССР были обнаружены пульсации Солнца<sup>7</sup> с периодом 160 мин — эффект, затем подтвержденный группой английских физиков из Бирмингема<sup>8</sup>. Обе группы получили его различными методами, исследуя спектр Солнца как звезды.

Так возникла гелиосейсмология — наука о колебаниях Солнца, открывшая перед астрофизиками возможность судить о внутреннем строении и процессах трансформации энергии внутри Солнца, подобно

тому как геология на основании изучения сейсмических колебаний Земли дает нам сведения о ее внутреннем строении. С тех пор гелиосейсмология развивалась очень бурно: с 1974 г. было опубликовано более 300 сообщений, посвященных этой проблеме.

Гелиосейсмология как наука возникла не случайно, и в нашей стране она появилась не в результате исследований вращения Солнца, а на основе общих соображений о том, что для большинства звезд в той или иной степени характерны колебания яркости. Эти колебания, обычно периодические, возникают не только из-за затмений при движении двойных звезд вокруг общего центра тяжести, но и по внутренним причинам — из-за периодических сжатий и расширений звезд, как это имеет место в случае большого класса пульсирующих звезд — цефеид. Наряду с периодическими переменными — пульсирующими звездами, у которых с периодами от получаса до нескольких лет меняется как яркость, так и цвет, вид спектра и лучевая скорость, — имеются звезды, у которых причиной периодической изменчивости является вращение звезды вокруг оси. К ним относятся, например, пульсары, у которых колебания яркости и синхронные с ними колебания радиоизлучения происходят с периодами от нескольких секунд до сотых долей секунды (нейтронные звезды). К переменным звездам относится также указанное выше большое количество магнитных звезд; их яркость почти постоянна, но спектральные свойства, в частности эмиссия в H- и K-линиях и зеемановское расщепление линий из-за магнитного поля звезды, периодически изменяются.

Поэтому возник естественный вопрос: не обладает ли и Солнце глобальными колебаниями, или пульсациями, подобно другим периодически переменным звездам? Правда, заранее можно сказать, что, если такие колебания и существуют, они должны быть очень небольшими, иначе их давно бы обнаружили. Иными словами, колебания Солнца должны быть на пределе обнаружения; например, из наблюдений следует, что энергия излучения Солнца, измеряемая величиной солнечной постоянной ( $1,37 \cdot 10^{16}$  эрг/см<sup>2</sup>·с), не может меняться более чем на 0,1%. Поэтому усилия наблюдателей были направлены на регистрацию возможных колебаний лучевой (т. е. вдоль луча зрения) скорости поверхности Солнца в целом.

В частности, астрономы КраО измеряли доплеровский сдвиг среднего поло-

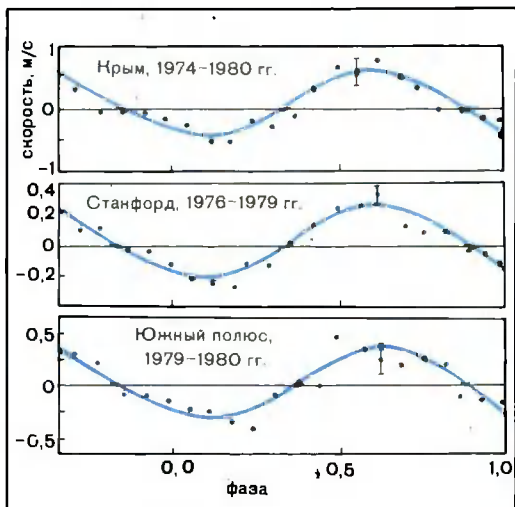
<sup>5</sup> Dicke R. H., Goldenberg H. M.— *Astrophys. J. Suppl.*, 1974, № 27, p. 131.

<sup>6</sup> Hill H. A., Brown T., Stebbins R.— *Observatory*, 1976, № 96, p. 130.

<sup>7</sup> Severny A. B., Kotov V. A., Tsap T. T.— *Nature*, 1976, v. 259, p. 87.

<sup>8</sup> Brookes J. R., Isaak G. R., Raay H. B. van der.— *Nature*, 1976, v. 259, p. 92.

жения линий в солнечном спектре, относящихся к центральной зоне изображения диска Солнца, по сравнению со средним положением спектральных линий краевой зоны<sup>9</sup>. (Эта зона, вернее круглый пояс, получается, если из всей площади солнечного диска вычесть центральную круговую часть, поперечник которой равен радиусу Солнца.) Проведенные измерения — дифференциальные (Солнце относительно Солнца); они имеют по сравнению с другими то преимущество, что не требуют учета скоростей вращения и орбитального



Средние (статистические) кривые скоростей 160-минутных пульсаций Солнца, полученные в разных местах Земли. По горизонтали — фаза колебаний в долях периода 160,01 мин; по вертикали — скорость по лучу зрения.

движения Земли. Точность метода такова, что можно обнаружить лучевые скорости движения поверхности Солнца не более 1 м/с, что соответствует доплеровскому сдвигу линий в спектре не более чем на  $10^{-5}$  Å, или  $10^{-3}$  см.

В результате этих наблюдений и были обнаружены колебания поверхности Солнца с периодом 160 мин, которые затем регулярно наблюдались в КРАО на протяжении 8 лет, а с 1976 г. регистрировались и на обсерватории в Станфорде

(США). Спорадически эти колебания наблюдались на Канарских о-вах (бирмингемская группа физиков), на обсерватории Пик-дю-Миди во Франции и франко-американской экспедицией на Южном полюсе Земли<sup>10</sup>. Самым замечательным свойством 160-минутных колебаний оказалась их синфазность в разных местах земного шара. Их амплитуда (в зависимости от различия методик измерения) несколько меняется — от 0,4 до 1 м/с, а точный период составляет 160,01 мин. Возможна некоторая модуляция амплитуды с периодом 27 дней — периодом вращения Солнца. Однако последний результат имеет предварительный характер, так как достоверно неизвестно, какую фигуру приобретает поверхность Солнца при таких колебаниях: остается ли все время шаром (так называемые чистые пульсации), делается ли сфероидом или же описывается еще какой-либо сферической гармоникой  $Y_l^m$ . Напомним, что степень гармоники  $l=0$  соответствует чисто радиальной пульсации,  $l=1$  — расширению и сжатию в одном направлении (диполь),  $l=2$  означает, что сфероид сплюснутый изменяется на сфероид вытянутый (квадруполь) и т. д.; величина  $m$  — азимутальная зависимость возмущения, причем всегда  $m \leq l$ .

В 1979 г., наряду с 160-минутными колебаниями, бирмингемская группа исследователей обнаружила также глобальные 5-минутные колебания<sup>11</sup>, т. е. быстрые (с частотой около 3 мГц) колебания всего диска Солнца в целом, причем они имели спектр частот в области от 2,5 до 4 мГц, образующих группы спектральных линий, отстоящие друг от друга на 130—135 мГц.

Таким образом, можно сказать, что Солнце ведет себя, как гигантский акустический резонатор, в котором возбуждаются очень малые колебания двух видов — длиннопериодные, среди которых 160-минутное имеет очень стабильную фазу (возможно, судя по ряду наблюдений, существуют и другие, менее стабильные колебания заметно меньшей амплитуды, с периодами в интервале от 120 до 200 мин), и короткопериодные, образующие спектр периодов у значения 5 мин.

Поскольку колебания раскаленного газового шара Солнца зависят от его внутреннего строения, возникает вопрос о внут-

<sup>10</sup> Grec G., Fossat E., Pomerantz M.— Nature, 1980, v. 288, p. 541.

<sup>11</sup> Claverie A., Isaak G.R., McLeod C.P., Raay H.B. van der, Roca Cortes T.— Nature, 1979, v. 282, p. 591.

<sup>9</sup> Подробнее об этом методе см.: Котов В. А., Северный А. Б., Цап Т. Т.— Изв. Крымской астрофиз. обс., 1982, № 65, с. 3.

ренной структуре такой звезды и о том, как могут возбуждаться наблюдаемые колебания. Окончательного ответа пока не найдено. В рамках современной модели внутреннего строения Солнца с термоядерным протон-протонным циклом внутри 160-минутные колебания объяснить трудно, независимо от того, каким образом они возбуждаются. Так, например, согласно теории, эти колебания должны иметь период не выше 130 мин<sup>12</sup>. Несколькими лучше обстоит дело с 5-минутными колебаниями: при некоторых недостаточном твердо обоснованных допущениях их можно объяснить с помощью современной модели строения Солнца, если идентифицировать их как весьма высокие (выше 16-го) «обертоны» колебаний низкой степени («обертоны» характеризуются числом узлов стоячей волны внутри Солнца); здесь  $l=1,2$ ; а иногда может принимать значения 3 и 4.

Некоторые исследователи<sup>13</sup> пытались найти «сверхтонкую» структуру в спектре 5-минутных колебаний, которую они приписывали наличию внутри Солнца быстровращающегося (с периодом в несколько суток) ядра с очень сильным, порядка несколько мегагаусс, магнитным полем. Однако недавно было показано, что этот вывод лишен оснований<sup>14</sup>. Кроме того, многие из 5-минутных колебаний по частоте совпадают или весьма близки к сейсмическим колебаниям Земли и колебаниям давления земной атмосферы, что требует более тщательного выделения колебаний солнечной природы. С другой стороны, неясна связь глобальных 5-минутных колебаний с наблюдавшимися уже давно 5-минутными локальными некогерентными колебаниями отдельных участков солнечной поверхности, так как усреднение этих локальных колебаний по всему диску Солнца все равно приведет к 5-минутным колебаниям солнечной поверхности в целом. Нужно заметить, что глобальные 5-минутные колебания затухают довольно быстро, за время около 2 суток; кроме того, еще не проводились наблюдения за фазой этих колебаний из разных мест Земли, что могло бы более однозначно решить вопрос о природе (солнечной или земной) этих колебаний.

Таким образом, проблема колебаний Солнца, равно как и его внутреннего вращения, требует дальнейшего всестороннего изучения.

## ВЕРНЫ ЛИ НАШИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВНУТРЕННЕМ СТРОЕНИИ СОЛНЦА И ЗВЕЗД?

Мысль о том, что источником энергии Солнца и звезд являются термоядерные реакции, была высказана Х. Бете еще в 1935 г. Как известно, концепция термоядерных реакций получила затем очень эффективное развитие в наземных условиях, завладев умами физиков в их стремлении создать термоядерный реактор на Земле. Более успешно она, однако, была применена во зло человечеству, приведя к созданию термоядерной (водородной) бомбы. Это ставший уже школьным пример того, как узкоспециальные исследования звезд и Солнца привели в конечном итоге к очень важным и далеко идущим последствиям для развития науки и человечества.

Самое курьезное в разработке идеи о термоядерном синтезе внутри звезд заключалось в том, что эта идея опиралась на совершенно несостоятельную, с физической точки зрения, концепцию стандартной модели звезды Эддингтона, в основе которой лежало достаточно произвольное предположение о том, что произведение коэффициента непрозрачности (поглощения) на коэффициент энерговыделения есть величина постоянная. Это сразу сводило внутреннее строение звезды к строению политропного газового шара (с индексом политропы  $n=3$ ) и тем самым определяло температуру и плотность везде внутри звезды, вплоть до ее центра. Основным успехом концепции Бете, за которую он заслуженно получил в 1967 г. Нобелевскую премию, было объяснение общего характера распределения различных химических элементов на Солнце и звездах, основанное на предположении, что исходная масса Солнца в основном состоит из водорода.

С тех пор в течение примерно 50 лет наши представления о строении и эволюции звезд и Солнца (за счет термоядерных реакций) приобрели характер вполне устоявшегося, не вызывающего сомнений учения, которое можно было бы только дополнять и развивать. Но в начале 60-х годов в этой теории появилась первая неувязка: в известных опытах Р. Дэвиса (США) не удалось зарегистрировать «нужного» количества нейтрино, которое должно было бы возникнуть при термоядерном протон-протонном цикле<sup>15</sup>. Никакие

<sup>12</sup> Косовичев А. Г., Северный А. Б.— Письма в Астрон. ж., 1981, т. 7, с. 304.

<sup>13</sup> Isaak G. R.— Nature, 1982, v. 296, p. 130.

<sup>14</sup> Gough D. O.— Nature, 1982, v. 298, p. 350.

<sup>15</sup> Подробнее об этом см.: Явлов Б. Е. Солнечные нейтрино.— Природа, 1974, № 7.

дальнейшие ухищрения теоретиков не могли снять этого противоречия. Более того, пересмотр экспериментальных и теоретических данных, проведенный Дж. Бакалом (США)<sup>16</sup>, показал, что в то время как в эксперименте скорость счета солнечных нейтрино, характеризующая величину нейтринного потока, составляет не более 2,6 солнечных нейтринных единиц, согласно теории она должна быть не меньше 7,5 солнечных нейтринных единиц. Недавно возникшая надежда на то, что нейтрино имеет массу покоя, пока что остается весьма зыбкой.

Затем обнаружилась вторая «трещина» в величественном здании теории, возникшая скорее по соображениям геологического и палеоклиматического характера. Так, недавние замечательные исследования Г. Уильямса (Австралия) древних отложений в озерах Австралии показали, что периодические чередования плотности этих отложений с 11-, 22- и 90-летней циклическостью имели место как 600 млн лет назад, так и сейчас<sup>17</sup>. Отсюда можно сделать вывод, что никаких существенных изменений в солнечных циклах примерно за 1 млрд лет не произошло.

Далее, совокупность современных палеоклиматических и геологических данных говорит о том, что начиная с архейской эпохи (около 3,5 млрд лет назад) до настоящего времени никакого сплошного оледенения Земли не имело места. Окислы и осадки формировались в те времена так же, как и сейчас; океан существовал более 3 млрд лет назад, и в нем обитали примитивные организмы; присутствие жидкой воды может быть установлено на протяжении 80% всей истории Земли. Средняя температура Земли в эти отдаленные эпохи была, вероятно, выше нуля.

В то же время, если правильна современная концепция строения Солнца с выделением энергии в результате термоядерной протон-протонной цепочки, то энергоотдача Солнца должна была увеличиться с архейской эпохи приблизительно на 20—30%, что абсолютно несовместимо с геологическими и палеоклиматическими данными, так как уменьшение солнечной постоянной на такую величину привело бы к сплошному оледенению Земли, и никакое дальнейшее разумное увеличение энергии

Солнца не растопило бы льда (из-за высокого альbedo ледяной коры вокруг Земли).

Третьей «трещиной» являются обнаруженные 160-минутные колебания Солнца, которые пока что очень трудно (хотя и не невозможно) объяснить с помощью принятой сейчас модели внутреннего строения Солнца.

Возможно, совокупность поставленных сейчас вопросов приведет к новому фундаментальному пересмотру наших представлений о внутренних процессах на Солнце. Возможно также, что удастся примирить существующие представления с новыми фактами. Например, показать, что основные нейтрино, возникающие внутри Солнца,— это нейтрино меньших энергий. Для этого создаются новые нейтринные детекторы из галлия. Может быть, удастся установить, что 160-минутные глобальные колебания являются своеобразным резонансным колебанием, возникающим в результате нелинейной связи двух других, обычных колебаний. Наконец, возможно, что раньше существовал сильный эффект «шубы», покрывающей и термостатирующей Землю в виде мощных облаков углекислого газа, так что никакие колебания солнечной постоянной не были «страшны» для геологической и климатической истории Земли.

Но не будем увлекаться прогнозами; наука знает немало неудачных прогнозов, сделанных, в частности, выдающимися учеными. Вспомним хотя бы два случая: Э. Резерфорда с его прогнозом невозможности использования атомной энергии и Г. Рассела, утверждавшего невозможность исследований Солнца вне атмосферы Земли. Свой прогноз Рассел сделал всего за 3 года до запуска первой ракеты, принесшей исследователям данные об ультрафиолетовом спектре Солнца.

<sup>16</sup> Bahcall J. N.— *Comments Astrophys.*, 1978, № 8, p. 37

<sup>17</sup> Williams G. E.— *Nature*, 1981, v. 291, p. 624.





## Витают в воздухе

Г. В. Розенберг



Георгий Владимирович Розенберг (1914—1982), доктор физико-математических наук, профессор, заведовал отделом физики атмосферного аэрозоля Института физики атмосферы АН СССР. Известный специалист в области атмосферной оптики. Был научным руководителем советско-американского комплексного эксперимента «АФАЭкс» (Абастуманский фоновый аэрозольный эксперимент). Основные монографии: Оптика тонкослойных покрытий. М., 1958; Сумерки. М., 1963.

Наши взаимоотношения с окружающей средой многогранны и разнолики. Но вряд ли в этом сложном переплетении переменчивых взаимовлияний можно найти партнера, с которым наши связи были бы столь многосторонни, тесны и вместе с тем столь мало изучены, как с аэрозолем. Более того, до недавнего времени суть этих повседневных и повсеместных отношений, их важность и характер, да и само существование партнера оставались либо вообще неизвестными, либо представлялись в извращенном виде.

При слове «аэрозоль», т. е. «витающие в воздухе частицы»<sup>1</sup>, воображение традиционно рисует пляшущие в луче света пылинки, поднятую ветром минеральную крошку либо капли воды и кристаллики льда в облаках и туманах. Конечно, это тоже аэрозоль, обыденный спутник нашей жизни, безобидный по своим свойствам и безучастный к нам и нашим делам, если не считать образования осадков и формирования почв. Он состоит из чужеродных воздуху частиц случайного происхождения, привносимых в атмосферу извне, порой собирающих на себе

влагу и оседающих под действием тяжести. Размер этих инертных «грубодисперсных» частиц, хорошо знакомых нам по повседневному опыту, более 0,5 мкм, т. е. их легко исследовать под микроскопом, взвешивать, изучать химически — места для загадок здесь не остается. К тому же и количество их невелико: обычно около 1 частицы в см<sup>3</sup> или даже в литре воздуха. Поэтому интерес к ним всегда был ограничен, внимание привлекала только их роль в конденсации влаги.

Но наше воображение заблуждается. Под прикрытием этих примелькавшихся и легко доступных частиц скрывается аэрозоль совсем другого рода, о нем-то и пойдет речь.

Это мириады частиц, непрестанно порождаемых самой атмосферой и являющихся ее неотъемлемой, неустранимой компонентой. Их размеры лежат в диапазоне от тысячных до десятых долей микрона, что делает их не только труднодоступными для изучения, но и крайне чувствительными к большинству внешних воздействий. И хотя эти частицы многочисленны — обычно тысячи и десятки тысяч в 1 см<sup>3</sup> воздуха, — их суммарная масса остается ничтожной. Она измеряется микрограммами на килограмм воздуха (или килограммами в кубическом километре), что приблизительно в 100 раз

<sup>1</sup> От греч. *αἴρ* — воздух и нем. *Sol* — золь, коллоидный раствор.

меньше, например, содержания озона в приземном слое, где его особенно мало.

Здесь и кроется разгадка скромности наших сведений об этих «тонкодисперсных», т. е. миниатюрных, недотрогах. Она — в отсутствии эффективных средств исследования в сочетании с изменчивостью самих частиц и сложностью их внутриатмосферных судеб. Микроскоп бессилен, под электронным микроскопом — только продукты их разрушения; концентрации — на пределе возможностей микрохимии; средства лабораторного моделирования ограничены: требуются масштабы, сопоставимые с натурными. Да и заслуживает ли вообще внимания столь ничтожная примесь, к тому же почти неуловимая?

Одним из важных открытий последних лет стало понимание того, что именно эти ничтожные примеси к воздуху, чувствительные вследствие малости их размеров к антропогенным воздействиям, оказывают наиболее сильное влияние на условия нашего существования. Без этих примесей, почти неощутимых даже для самых совершенных приборов, атмосфера была бы мертва, а жизнь на Земле невозможна. Именно они определяют «качество» воздуха, от них зависят и наше здоровье, и степень жизненного и трудового комфорта, и урожайность полей, и функционирование атмосферы как тепловой машины, преобразующей и возвращающей в космос энергию солнечных лучей.

Главная задача борьбы за чистоту воздуха — это не освобождение от малых примесей, как порой думают, а борьба за сохранение и улучшение их количественного и качественного состава. В первую очередь это относится к тонкодисперсному аэрозолю, не зависящему от нашего влияния.

Тонкодисперсные частицы выступают как основные носители атмосферного электричества и радиоактивности, служат ядрами конденсации воды в облаках, замутняют воздух, порождая живописные дымки лугов и ущелий, и определяют как условия видимости, так и границы работоспособности оптических инженерных систем (например, лазерных линий связи). Известно, что нехватка таких частиц болезненно сказывается на самочувствии человека.

Но этого мало. В последнее время обнаружилось, что они существенно вмешиваются в радиационные процессы, т. е. в энергетику атмосферы и формирование климата, и оказывают неотвратимые пока химические и биологические воздействия

и на нас, и на окружающие нас предметы. Достаточно вспомнить губительный смог, поражающий порой индустриальные центры и являющийся антропогенным порождением, как бы карикатурой на мирную и даже целебную дымку лесов и полей. Не следует забывать и о разрушительном действии этих мельчайших, но крайне агрессивных и всюду проникающих частичек на строения из известняка и мрамора, раритеты музеев и даже на изоляторы мощных линий электропередачи.

Топки электростанций и заводов, домашние печи, автомобили, нефтехранилища, лесные пожары — неисчислимы источники неизбежно выбрасываемых в воздух веществ, захватываемые затем частицами и резко меняющие их свойства далеко не в лучшую сторону. Порожденные или поврежденные выбросами, эти частицы сохраняются в воздухе многие сутки и разносятся ветром на многие сотни и даже тысячи километров, окутывая материки и океаны пеленой отнюдь не безобидной дымки. Это придает проблеме борьбы за чистоту воздуха международный характер: нет государств или народов, не затронутых этой проблемой, и решение ее в границах одного государства неосуществимо.

#### АПРОБАЦИЯ ГИПОТЕЗ

Понимание масштабов этой проблемы, усугубленной эпохой научно-технической революции, пришло лишь в последние годы. Дело в том, что средства исследования тонкодисперсного аэрозоля до недавнего времени оставались неадекватными свойствам объекта. Только в 70-е годы в немногих научных центрах у нас и в США стали создаваться современные методы и уникальная пока аппаратура, отвечающие характеру задачи. В США в основном развивались тончайшие методы микрохимии, ионометрии и масс-спектроскопии, тогда как в Институте физики атмосферы АН СССР преимущественное внимание было обращено на разработку принципиально новых оптических методов, в основном использующих закономерности рассеяния света.

Уже к середине 70-х годов исследования приобретают значительный размах, в них вовлекается множество учреждений всего мира. Ведется активное теоретическое, лабораторное и натурное изучение различных аспектов проблемы. Накопывается огромный экспериментальный материал, никак не укладываемый в традиционные представления. Наступает период

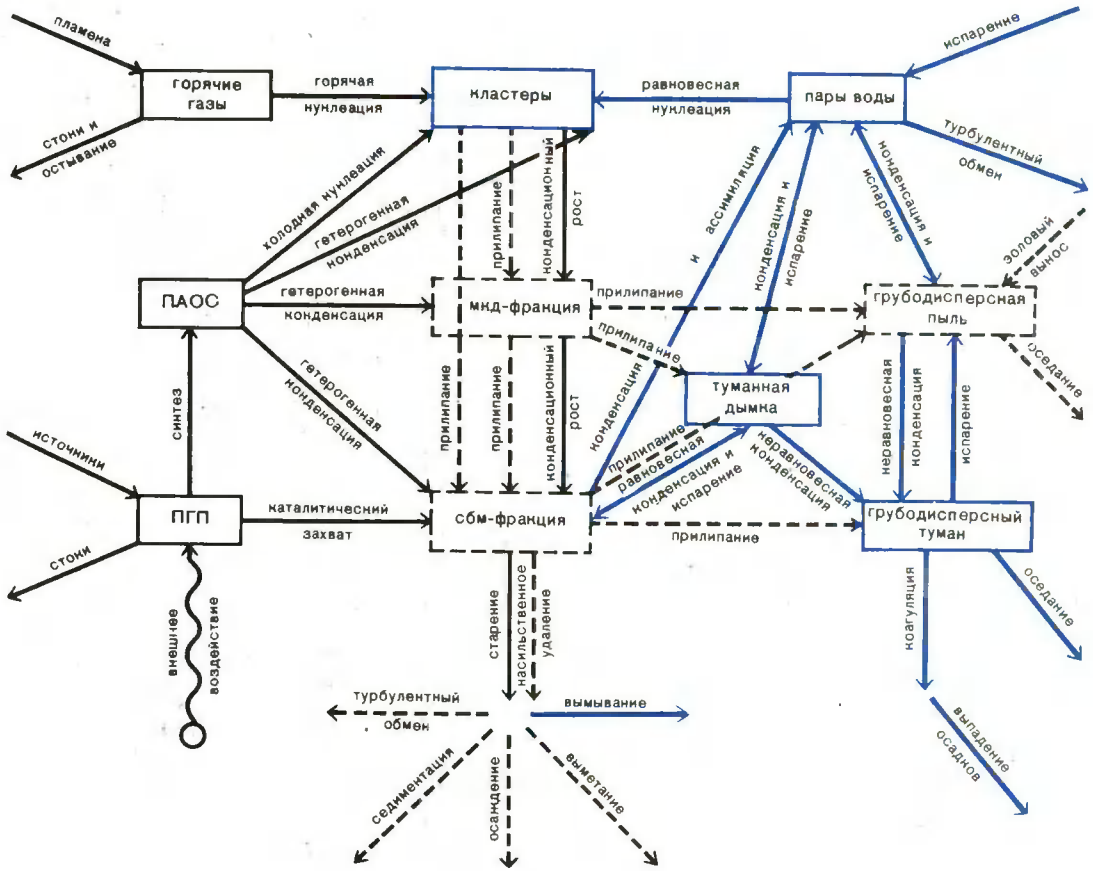


Схема образования и развития аэрозоля атмосферы.

**Стоки** — различные механизмы удаления газов из атмосферы, кроме синтеза ПАОС.

**Нуклеация** — объединение нескольких молекул в устойчивые комплексы — кластеры. **Гетерогенная конденсация** — захват молекул ПАОС чужеродной частицей при столкновении.

**Каталитический захват** — захват газовой молекулы частицей в результате химической реакции на ее поверхности.

**Прилипание** — захват малой частицы более крупной при столкновении.

**Внешнее воздействие** — образование ионов и возбужденных молекул под воздействием солнечного света или продуктов радиоактивного распада.

**Эоловый вынос** — вырывание частиц почвы и их вынос в атмосферу турбулентным движением воздуха.

**Седimentация** — оседание частиц под действием силы тяжести.

**Осаждение** — захват частиц растительностью и почвой.

**Выметание** — механический захват частиц падающими каплями и снежинками.

**Вымывание** — растворение частиц каплями облаков и туманов.

разрушения устаревших взглядов и экспериментальной апробации возникающих на их месте гипотез. Интерес к аэрозолю стремительно возрастает под напором все новых и новых проявлений его активности и сугубо практической необходимости бороться с ней.

В 1978—1979 гг. на известных чистотой воздуха лесистых склонах Аджаро-Имеретинского хребта (Западная Грузия) был проведен исключительный по своему масштабу и характеру комплексный советско-американский Абастуманский фоновый аэрозольный эксперимент — «АФАЭкс». Дважды, каждый раз в течение месяца, на Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР круглосуточно работало свыше 70 современных, весьма сложных и во многом уникальных экспериментальных установок, измерявших около 200 различных физических и химических параметров атмосферы. Их обслуживали примерно 100 научных сотрудников из 19 организаций обеих стран. Измерения охватывали разносторонние ха-

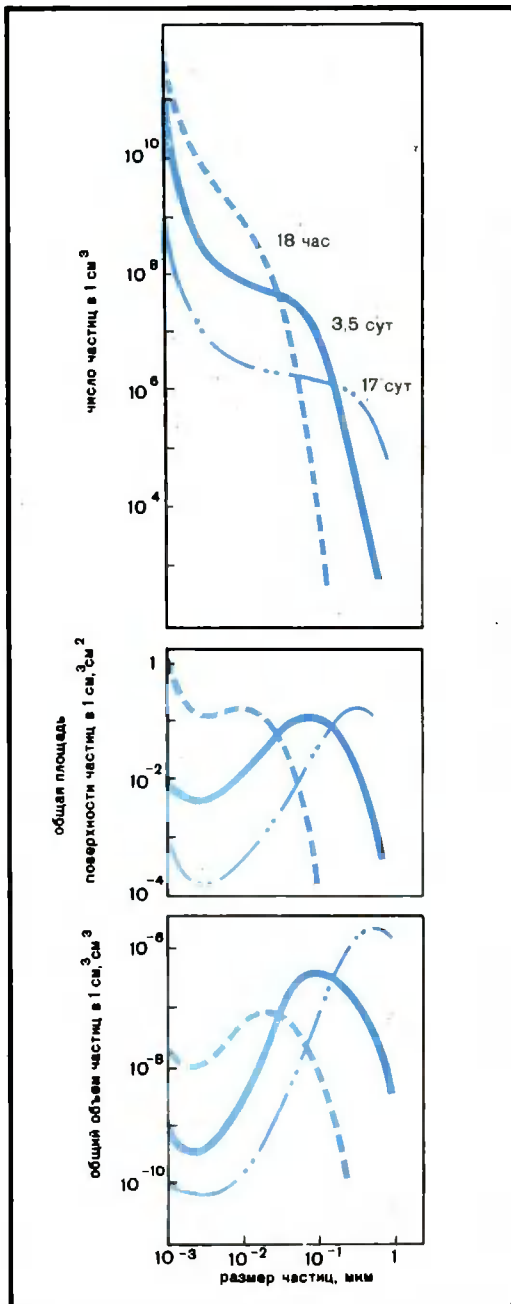
характеристики метеорологической обстановки, определение концентраций большого числа примесных газов природного и антропогенного происхождения, детальный микрохимический, радиохимический, спектроскопический и масс-спектрометрический анализ атомного и молекулярного состава частиц, а также разностороннее оптическое и микрофизическое (ионометрия, рентгенометрия, диффузионные методы) изучение самих аэрозольных частиц *in situ* и процессов их трансформации.

Этот эксперимент, результаты которого продолжают изучаться, позволил подвести итоги как процессу развития средств изучения тонкодисперсного аэрозоля, так и процессу формирования новых представлений о его происхождении, путях развития и разносторонних свойствах. Что касается средств и методов исследования, то сопоставление результатов, полученных с их помощью, показало, что в целом эти результаты достаточно хорошо согласуются друг с другом, т. е. используемые методы достаточно надежны. Получили апробацию и те далеко идущие выводы, которые строились на этом материале. В результате оказалось возможным подвергнуть критическому анализу различные гипотезы и предложить целостную и надежно обоснованную концепцию, позволяющую с единых позиций количественно трактовать всю совокупность изменчивых свойств тонкодисперсного аэрозоля как специфической компоненты атмосферного воздуха или, точнее, как процесса, непрерывно протекающего в атмосфере.

### СОБЫТИЯ И СУДЬБЫ

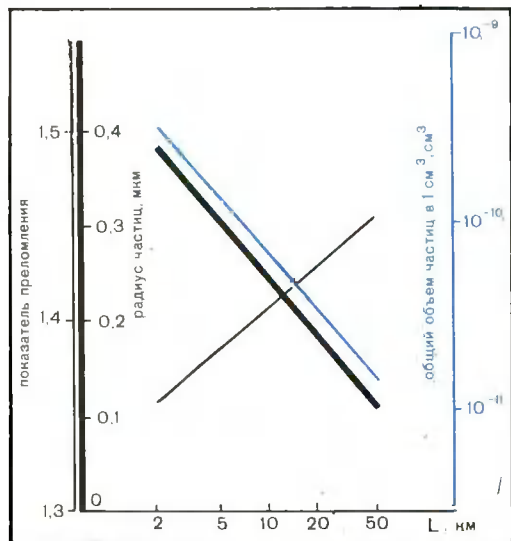
Ввиду многогранности взаимно переплетающихся явлений и процессов, охватываемых этой концепцией, ее краткий пересказ неосуществим. Поэтому нам придется ограничиться лишь скелетной схемой, которая в интерпретации автора выглядит следующим образом.

Среди поступающих в атмосферу примесных газов природного или антропогенного происхождения выделяется группа соединений (примесных газов-предшественников, ПГП), способных стать исходным материалом для образования аэрозольных частиц. Для этого необходимо, чтобы под воздействием солнечного излучения, в результате ионизации (скажем, при распаде радона) или воздействия всегда существующих в атмосфере окисляющих радикалов сами эти соединения превратились в радикалы или бирадикалы и положили на-



Распределения частиц в  $1 \text{ cm}^3$  воздуха по размерам при различных временах жизни субмикронной фракции (кинетический расчет при концентрации ПАОС, близкой к  $10^5 \text{ мкг/г}$ ).

чало цепочкам ионных реакций, завершающихся синтезом новых малолетучих, в том числе полимерных, соединений. Возникающие таким образом пары аэрозолеобразующих соединений (ПАОС) синтезируются в ничтожных количествах: их содержание не превышает тысячной доли микрограмма в кубическом метре, т. е. около  $10^5$  частиц в  $1 \text{ см}^3$ . Но так как ПАОС быстро оседают на уже существующих частицах, они исчезают за время около 1—2 минут. Иными словами, процессы образования и исчезновения ПАОС совершаются



Средние зависимости (для реального аэрозоля) общего объема аэрозольных частиц в  $1 \text{ см}^3$  воздуха (объемная концентрация), среднего радиуса частиц и показателя преломления образующего их вещества от метеорологической дальности видимости L.

непрерывно, днем и ночью, иначе микроаэрозоль существовать не может; и в течение года на всем земном шаре образуется около 1 млрд тонн ПАОС.

Но откуда берутся частицы, на которых оседают ПАОС? Здесь действуют два механизма, кстати, почти не поставляющих вещества в аэрозоль. Основным является непрерывно происходящий динамически равновесный процесс нуклеации, т. е. объединения небольшой доли всегда существующих в атмосфере молекул воды в устойчивые комплексы — кластеры, имеющие размеры около 1 нм и содержащие 10—40 молекул воды каждый. В дымовых шлейфах топков и пожаров, в выхлопах автомобилей к этому процессу при-

соединяется другой — образование кластеров углерода, силикатов и металлов при быстром охлаждении их горячих паров. Поэтому в антропогенных условиях количество образующихся кластеров существенно выше, чем в природных. Но реальная концентрация кластеров — около  $10^4 \text{ см}^{-3}$  — определяется не столько темпом их образования, сколько концентрацией быстро поглощающих их более крупных частиц.

Конденсации влаги на кластерах не происходит из-за их малых размеров. Однако на них оседают малолетучие ПАОС. В результате немногие из кластеров, которым удалось избежать прилипания к более крупным частицам, успевают вырасти настолько (примерно в 10 раз по объему), что образующее их вещество уже не вода, а конденсированные ПАОС.

Это знаменует «переселение» частиц в другой диапазон размеров, а именно в микродисперсную (мкд) фракцию, которая объединяет частицы с радиусом примерно от 1 до 20—80 нм (граница зависит от атмосферных условий).

Основные процессы, претерпеваемые мкд-частицами, сводятся к их непрерывному росту за счет захвата молекул ПАОС (гетерогенная конденсация) и их исчезновению в результате прилипания к более крупным субмикронным (сбм) частицам — конденсация влаги на столь малых частицах остается в атмосферных условиях невозможной. Баланс числа частиц поддерживается путем перехода небольшого количества кластеров в мкд-диапазон в результате их роста за счет захвата ПАОС. Скорость роста частиц невелика: радиус частицы увеличивается за час примерно на 0,3—1,0 нм. Время жизни мкд-частиц также невелико: от десятка минут до 2—3 часов. За это время они успевают либо погибнуть, т. е. прилипнуть к более крупным частицам, либо (немногие из них) разрастись настолько, чтобы переселиться в следующий, субмикронный диапазон.

Образующее мкд-частицы вещество еще не обрело свойств твердого тела: у него иная — переходно-кристаллическая структура. Вообще речь идет об особом состоянии вещества, промежуточном между газообразным и конденсированным. Только когда размеры частиц достигают 2—5 нм, т. е. когда в их состав входят уже многие сотни молекул, внутри частицы начинает вызревать кристаллическая структура, свойственная твердому телу. Но это «нормализованное» ядро окутано имеющим особую структуру покровным слоем, объем которого составляет значительную



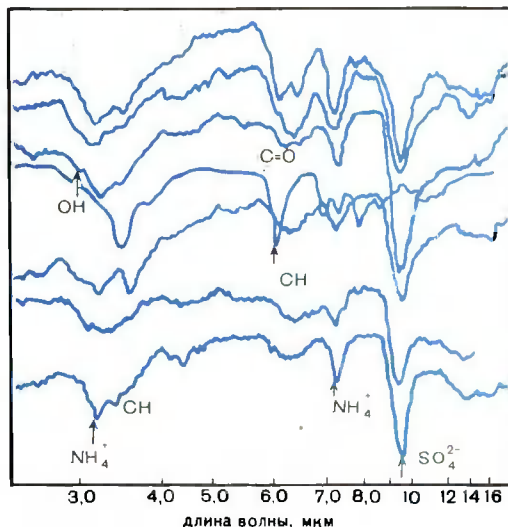
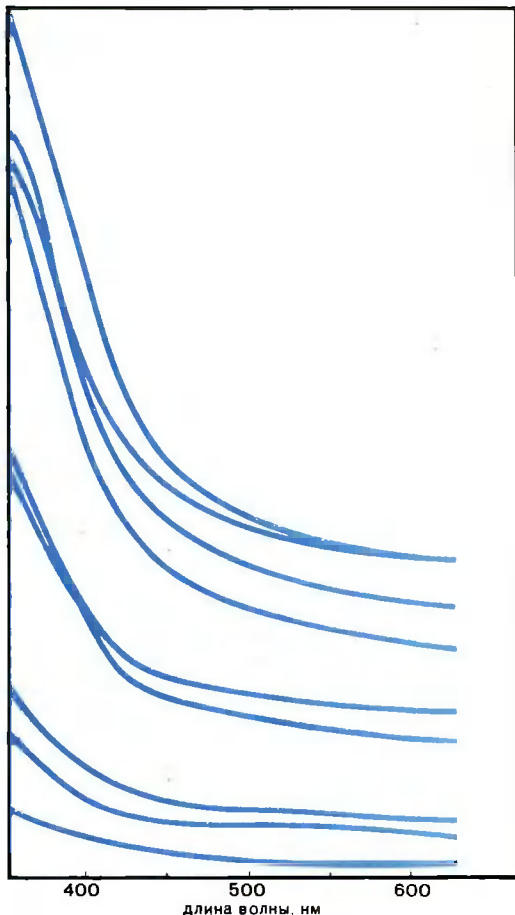
Спектральные характеристики поглощения реального аэрозоля (в относительных единицах). Для удобства спектры, относящиеся к разным дням, сдвинуты друг относительно друга по вертикали. Вверху — спектры поглощения реального аэрозоля в коротковолновой области спектра в разные дни. Подъем в сторону ультрафиолета обусловлен присутствием органических соединений. Внизу — инфракрасные спектры пропускания проб аэрозоля. Отчетливо выделяются полосы поглощения сульфатной ( $\text{SO}_4$ ), аммониевой ( $\text{NH}_4$ ), гидроксильной ( $\text{OH}$ ) и карбоксильной ( $\text{C}=\text{O}$ ) групп и характерные для углеводородов полосы ( $\text{CH}$ ).

долю общего объема частицы, примерно равную  $3d/a$ , где  $d \approx 1$  нм — толщина покровного слоя и  $a$  — радиус частицы. Поэтому многие свойства мкд-частиц (например, удельный дипольный момент) определяются именно покровным слоем, а не ядром и зависят от размера частиц.

Формирование частиц как макрофизических образований завершается на рубеже их перехода в новый субмикронный диапазон. Субмикронная фракция объединяет частицы, размер которых лежит в пределах от 40—150 нм до, примерно, 1—2 мкм: более крупные частицы оседают быстрее, чем успевают вырасти. Перейдя в субмикронную фракцию, частицы продолжают свой непрерывный рост примерно с той же скоростью за счет захвата ПАОС. Однако за недостатком более крупных частиц процесс прилипания теряет свое значение. Его место занимает несущественное ранее насильственное удаление частиц из атмосферы путем их вымывания и выметания осадками или осаждения на листьях растений и почве. Прочие механизмы, например коагуляция, играют второстепенную роль.

Именно процессы насильственного удаления частиц под действием изменяющихся атмосферных условий определяют вид распределения частиц по размерам и время жизни субмикронной фракции. Последнее обычно составляет от 1 до 10 суток в зависимости от погоды. Этого времени достаточно не только для рассеяния субмикронных частиц по огромным территориям, но и для развития процессов их старения, т. е. постепенной трансформации их свойств.

Среди этих процессов особое место занимают запрещенные для мкд-частиц явления поглощения и выделения частицами влаги, ведущие к быстротечной обратной изменчивости размеров (а значит и оптических свойств) частиц в результате увлажнения или высыхания растворимой компоненты образующего их вещества.



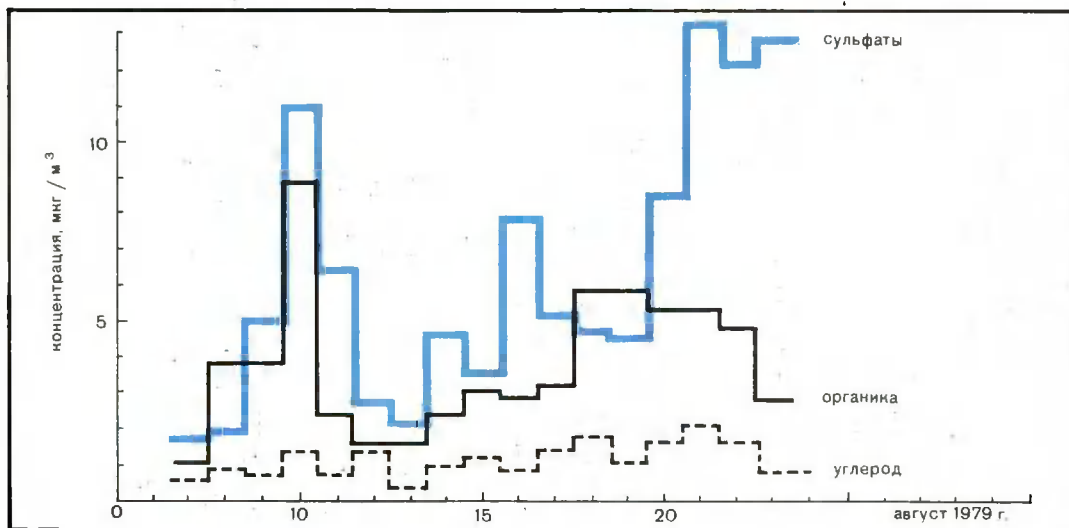
Нередко это сопровождается растворением или кристаллизацией вещества частицы. Наиболее крупные из гигроскопических субмикронных частиц начинают при этом выполнять важную функцию ядер конденсации или кристаллизации на них атмосферной влаги, оттесняя на второй план участие в этих процессах грубодисперсной пыли.

### КИНЕТИКА И СМОГ

Мы наметили общую канву внутриа-тмосферного существования тонкодиспер-

сного аэрозоля в антициклональных условиях.

При резком нарушении равновесия, например в случае ливней, усиленно вымывающих субмикронные частицы, или, напротив, засух, останавливающих этот процесс, а также при внезапных изменениях концентрации ПАОС происходит довольно быстрое установление состояния, близкого к стационарному, но уже на новом малоустойчивом уровне, постепенно возвращающемся к обычному по мере изменения метеорологической обстановки.



Пример временной изменчивости содержания основных компонентов природного тонкодисперсного аэрозоля.

сного аэрозоля. В обычных природных условиях, и синтез ПАОС, и удаление субмикронных частиц из атмосферы регулируются сравнительно медленно меняющейся метеорологической обстановкой, цепочка процессов, ведущих к возникновению, преобразованию и исчезновению тонкодисперсного аэрозоля, приближается к динамически равновесной. При этом между всеми многочисленными и разнородными параметрами, характеризующими состояние аэрозоля, возникают устойчивые связи, отражающие кинетику различных звеньев цепочки. В результате значения всех параметров оказываются довольно жестко детерминированными, что и наблюдается в действительности у при-

родного аэрозоля в антициклональных условиях. Такая ситуация возникает либо при усиленном выбросе ППП (промышленные и автомобильные загрязнения, лесные пожары), либо при интенсификации внешне-го воздействия на них, стимулирующего синтез ПАОС (солнечная погода), а чаще при сочетании обоих факторов.

Особый случай представляет такое экстраординарное повышение концентрации ПАОС, если оно сопровождается приостановкой процесса удаления субмикронных частиц. Это происходит при образовании резко выраженной температурной инверсии в отсутствие осадков. Сочетание таких обстоятельств практически немедленно ведет к быстро нарастающей гипертрофии мкд-фракции и далее к ускоренному — в течение немногих часов и даже десятков минут — аномальному развитию субмикронной фракции. Процесс бурного образования и развития этой фракции приобретает характер локального и обычно недолговременного эпизода в непосредственной окрестности источника ППП. Фор-

мирующая при этом «шапка» плотной и биологически агрессивной дымки постепенно размывается затем ветром.

Описанное явление, получившее название смога, отнюдь не редкость. Каждый встречается с ним летним полднем в сосновом бору, как бы окутанном пахучим пологом. В качестве ПГП здесь выступают выделяемые деревьями эфирные масла, а в качестве инициирующего синтез агента — коротковолновое излучение Солнца. Именно душистый лесной смог, обладающий бактерицидными и бальзамирующими свойствами, придает целебные качества курортному воздуху.

В «неприветриваемых» городах, где источниками ПГП служат выбросы топок и автомобилей, смог интенсивнее, а его биологическое действие резко отрицательно настолько, что смоговые эпизоды порой приобретают характер бедствия, уносящего многие жизни. Распространяясь далее на обширные территории и оседая на листьях растений, порождаемые смогом субмикронные частицы наносят заметный ущерб сельскохозяйственным культурам.

## ХИМИЯ И АКТИВНОСТЬ

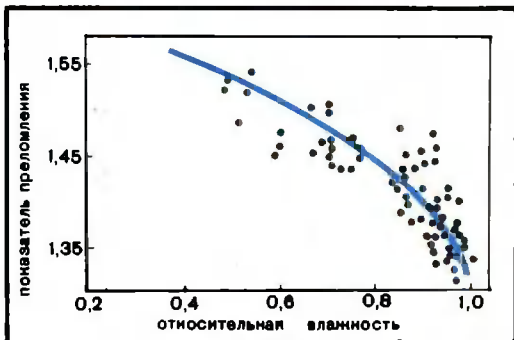
Рождаясь из примесных газов, тонкодисперсный аэрозоль выполняет важную функцию стока для многих из них: став материалом для синтеза ПАОС, эти газы оседают на аэрозоле и удаляются из атмосферы вместе с ним, что обеспечивает очищение воздуха. Это приводит нас к проблеме химического состава ПАОС, а следовательно и тонкодисперсного аэрозоля.

И теоретическому, и лабораторному изучению механизмов синтеза ПАОС посвящено множество работ. Однако в условиях реальной атмосферы концентрации ПАОС столь малы, что не допускают никаких измерений. Единственный путь к отбору из длинного ряда теоретически допустимых схем тех, что реализуются в действительности, лежит через изучение микрохимии частиц атмосферного аэрозоля.

Оказалось, что в качестве веществ, образующих аэрозоли, в основном выступают сульфат аммония и родственные ему соединения, включая серную кислоту; широкий класс органических соединений — в первую очередь производные терпенов и ароматические соединения, а также кристаллический углерод и, разумеется, вода. Сульфатная компонента составляет в среднем около 50% обезвоженного ве-

щества частиц, органическая — около 40% и углерод — примерно 10%. Цифры эти ориентировочные — они сильно зависят от географических и метеорологических условий. Хлористые соединения, в том числе соли, встречаются крайне редко, преимущественно непосредственно над поверхностью океана и то в очень малых количествах.

Сульфатная компонента синтезируется в воздухе на основе  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{NO}_2$ , в частности путем фотолитического разложения и, по всей видимости, включает



Изменение показателя преломления вещества частиц по мере их обводнения.

в себя ряд сероорганических соединений. Количество синтезируемого продукта составляет около  $10^9$ — $10^{10}$  т в год, что близко к количеству углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу топками. В промышленных районах ее концентрация заметно выше, чем над океанами или в Антарктиде, но и там она является основной компонентой аэрозоля.

Будучи гигроскопичными, сульфаты в основном ответственны за эффекты увлажнения аэрозоля — когда относительная влажность достигает 70—75%, кристаллы сернистого аммония обращаются в капельки, размер которых зависит от относительной влажности. Этот эффект наблюдается нами как образование и сгущение голубых (тонкодисперсных) дымок. По достижении точки росы наиболее крупные из разросшихся от воды частичек дают начало образованию грубодисперсных капелек тумана. Кроме того, оседая на грубодисперсной пыли и покрывая ее тонким слоем гигроскопического вещества, сульфатный аэрозоль обеспечивает способность пылинок к конденсации или кристаллизации

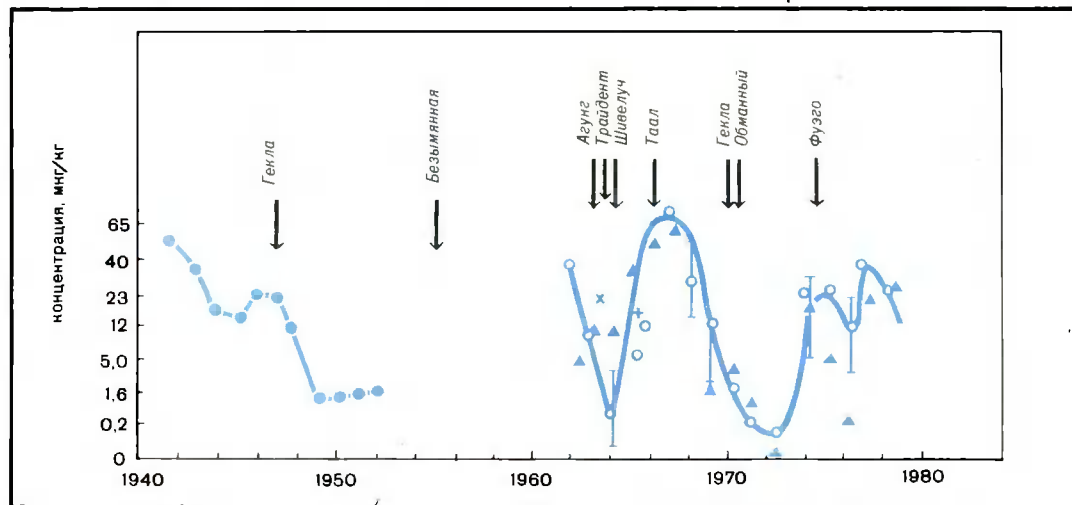
влаги, т. е. к образованию капель и кристаллов без излишнего пересыщения. Этот же эффект зачастую выводит из строя изоляторы высоковольтных линий электропередач.

Попадая на живые ткани (в легкие, на слизистые оболочки, в устьица листьев), сульфатный аэрозоль обжигает их. Незначительные в природных условиях, эти явления составляют одну из главных опасностей при смоге. Другую опасность создают оксиданты, т. е. окисляющие радикалы, возникающие в процессе синтеза ПАОС.

отношению к флоре и фауне и в то же время его роль как целебной компоненты курортного воздуха.

Присутствие органических соединений должно существенно сказываться и на гигроскопичности частиц, что повышает их эффективность как конденсационного фактора и одновременно смягчает их действие как разрушительного фактора.

Все продукты биологического распада, попадая в воздух и превращаясь там в материал для синтеза ПАОС и, далее, аэрозоля, возвращаются затем на Землю с



Долгопериодная изменчивость весовой концентрации диспергированного вещества на высоте 20 км по измерениям различными методами. Вверху указаны наиболее мощные извержения вулканов.

Органическая компонента синтезируется, с одной стороны, из выделяемых растениями или продуктами их распада эфирных масел (ароматы цветов, хвои, разлагающихся листьев, моря и т. п.) — в атмосферу попадает около  $10^8$  т подобных веществ в год), а с другой стороны, из органических соединений в основном ароматического ряда, поставляемых в атмосферу выхлопами автомобилей, топками и пожарами, а также нефтехимической промышленностью. Свойства аэрозольного вещества зависят от исходного материала — в частицах идентифицировано более 400 различных соединений. Некоторые из них обладают сильным биологическим воздействием, чем частично определяются агрессивность аэрозоля по

осадками в виде частичек химически устойчивых полимеров. При фильтрации грунтовых вод они концентрируются в фильтрующих породах, давая начало последующему нефтесинтезу. Эта гипотеза, выдвинутая в 1960 г. Ф. Вентом, по-видимому, получает сейчас серьезное подтверждение и означает, что нефть синтезируется непрерывно и в наши дни.

Углеродная компонента наименее изучена. Речь идет о частичках размером 3—5 нм, либо объединяющихся в конгломераты размером 10—50 нм, либо прилипающих к сульфатным и органическим частицам. В известной мере они являются продуктом нашей деятельности (топки, пожары и т. п.), но вряд ли следует приписывать их существование только этому. Обьемное содержание углерода в воздухе составляет несколько килограммов в кубическом километре, а в промышленных районах и того больше. При этом углеродные частицы обладают сильным неселективным оптическим поглощением, охватывающим широкий интервал спектра

от ультрафиолета до, по крайней мере, 15 мкм. Суммарная площадь тени, отбрасываемой этими частицами, составляет около 1—2% площади поверхности Земли и порой увеличивается в несколько раз. Таким образом, углеродная компонента перехватывает заметную часть энергии Солнца и оказывает значительное влияние на энергетический баланс атмосферы, а тем самым и на климат. Не исключено, что ее влияние в конечном счете окажется не меньшим, чем общеизвестное влияние углекислого газа.

Еще более существенным это влияние становится, когда содержащая углеродные частицы атмосферная дымка внедряется в облака и в снег. Это приводит к значительному уменьшению отражательных свойств планеты и существенно ускоряет таяние снегов и ледников. Таким образом, аэрозоль выступает и как важный фактор регулирования теплообмена между Землей и космосом. Возможно, что в недалеком будущем нам удастся воспользоваться им в качестве «жалюзи», искусственно регулирующих тепловой баланс нашей планеты.

### ГЛОБАЛЬНОЕ РАССЛОЕНИЕ

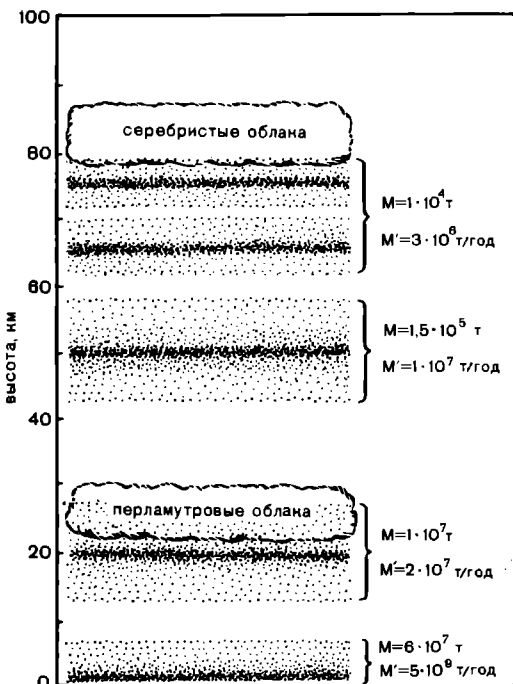
До сих пор речь шла о приземном слое, толщина которого около 2—3 км. Но аэрозоль присутствует практически на всех высотах, по крайней мере до уровня 85 км. Применение разработанных в Институте физики атмосферы новых оптических методов дистанционного зондирования высоких слоев атмосферы с Земли и наблюдения с борта космических кораблей существенно изменили и уточнили представления о вертикальном распределении аэрозоля.

Раньше полагали, что аэрозоль в основном сосредоточен в приземном слое, а также в слое на уровне около 20 км, что на остальных высотах он появляется только спорадически в экстраординарных условиях, что весь он вынесен в атмосферу с земной поверхности (пыль) и его высотное распределение зависит от ветра. Действительность оказалась иной.

Аэрозоль в стратосфере и мезосфере существует всегда. Он образует несколько охватывающих весь земной шар ярусов, каждый из которых живет своей независимой жизнью. Эти ярусы располагаются в приземном слое, на уровне около 20 км, в окрестности уровня 50 км и, кроме того, существует двойной ярус на уровне 65—75 км. Существование, свой-

ства и параметры аэрозоля каждого из ярусов установлены нами на основе нескольких тысяч отдельных наблюдений, выполненных в течение 38 лет в различных местах земного шара разными методами при участии автора, в первую очередь, на Абастуманской астрофизической обсерватории, а также с пилотируемых космических кораблей.

Наиболее важным представляется самый факт постоянного существования, а следовательно и непрерывного обновления этих ярусов. Их структура и поведение



Распределение аэрозоля в атмосфере по высоте. Для каждого яруса указаны средние глобальные массы частиц (M) и их годовое «производство» (M').

однозначно указывают на то, что они не могут быть порождены динамическими причинами, т. е. простым перемешиванием воздуха ветрами. Напротив, они обязаны своим существованием геофизически обусловленным, эффективным только на соответствующих высотах и независимым друг от друга механизмам внутриатмосферной генерации частиц.

Непрестанное действие таких механизмов на вполне определенных высотах в верхних слоях атмосферы, распростра-



нящееся на весь земной шар, представляет собой особое, неизвестное ранее геофизическое явление, природу которого надо исследовать. Поскольку в конечном счете речь идет о стратификации концентрации ПАОС, следует полагать, что наблюдаемая стратификация является результатом быстрого убывания концентрации ППП с высотой и одновременного быстрого увеличения эффективности стимулирующего синтеза агента, действующего в данном интервале высот. По всей видимости, в качестве такого агента выступает излучение Солнца в различных диапазонах спектра, в которых поглощение излучения атмосферой различно.

Стратосферный (20 км) и оба мезосферных (50 и 65—75 км) яруса образованы частицами, средний размер которых близок к 150 нм в стратосфере и 50—70 нм в мезосфере, а время жизни достигает примерно года в стратосфере и нескольких дней в мезосфере. За это время родившиеся частицы постепенно растут со скоростью около  $5 \cdot 10^{-13}$  см/с вниз и  $3,5 \cdot 10^{-11}$  см/с вверх, т. е. частицы покрываются мономолекулярным слоем за время от десятков минут сверху до нескольких дней вниз. Вместе с тем они постепенно оседают под действием силы тяжести со скоростью около 2—3 км в год в стратосфере и 5—20 км в месяц в мезосфере и одновременно разветвляются перемешивающей воздух турбулентностью, чем определяется вид распределения частиц по размерам на этих высотах, а также структура самих ярусов.

Совокупность данных самолетных, аэростатных и ракетных зондирований, выполнявшихся многими авторами, не оставляет сомнений, что химический состав аэрозоля больших высот не слишком отличается от наблюдаемого в приземном слое.

Неожиданным оказалось то, что аэрозоль стратосферы и мезосферы обнаруживает не только случайные кратковременные изменения, отражающие облачную структуру аэрозольных образований. Имеют место систематические, растягивающиеся на месяцы и годы и весьма значительные изменения концентрации и свойств аэрозоля — от исчезающе малых величин до 70 мкг на 1 кг воздуха на высоте 20 км. Такие колебания безусловно должны сильно сказываться на условиях влаго- и теплообмена в стратосфере и мезосфере, а тем самым и на климате Земли.

С другой стороны, они свидетельствуют об изменчивости условий, существующих в высоких слоях атмосферы.

Возникает возможность использования аэрозоля как индикатора, позволяющего изучать закономерности поведения атмосферы на малодоступных для других средств уровнях. Это особенно важно потому, что в условиях верхней атмосферы должны еще резче, чем на поверхности Земли, проявиться тесные связи между состоянием аэрозоля и параметрами микрохимических процессов, имеющих такое большое значение в жизни атмосферы и в нашей деятельности.

Витают в воздухе мириады мельчайших, почти неуловимых частиц. Они активно вмешиваются в нашу жизнь, что-то губят, чему-то помогают, но теперь мы знаем их, и у нас есть уверенность, что настанет время, когда мы научимся управлять ими и поставим их себе на службу — такова логика науки.

## ЛИТЕРАТУРА

Основное содержание статьи базируется на новейших материалах, рассыпанных по множеству журнальных статей, в том числе опубликованных в журнале «Известия АН СССР, сер. Физика атмосферы и океана».

Из более ранних монографий и обзоров, отражающих процесс формирования новых взглядов, назовем:

Батчер С., Чарлсон Р. ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ ВОЗДУХА. М., 1977.

AEROSOL AND ATMOSPHERIC CHEMISTRY, Ed. J. Hidy N. Y., 1972.

FINE PARTICLES, AEROSOL GENERATION, MEASUREMENT AND SAMPLING ANALYSIS. Ed. B. Lin. San Francisco, 1976.

Twomey S. ATMOSPHERIC AEROSOLS. N. Y. 1977.

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТА. М., 1980.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ. М., 1981.

THE STRATOSPHERIC AEROSOL LAYERS. "Topics in Current Physics № 28. Ed. R. Whitten. Heidelberg, 1982.

## Оледенение Марса

Р. О. Кузьмин

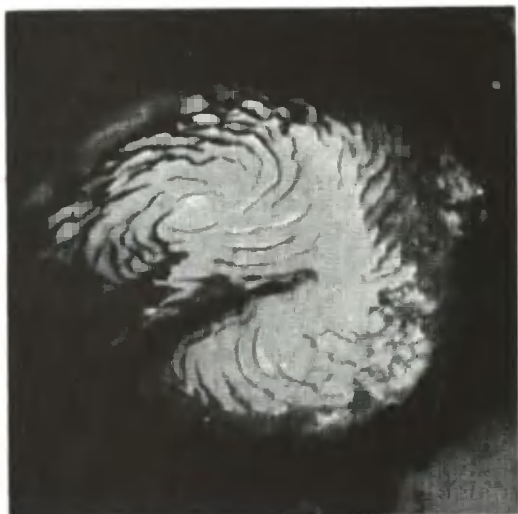


Руслан Олегович Кузьмин, кандидат географических наук, младший научный сотрудник лаборатории сравнительной планетологии Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Занимается вопросами сравнительной планетологии, и в частности криогенными процессами на планетах Солнечной системы.

Интенсивное исследование планет Солнечной системы космическими аппаратами существенно расширило наши представления о поведении на планетах свободной воды — этого важнейшего компонента, определяющего многие физические и химические процессы на поверхности и в глубинах планет. Оказалось, что по мере удаления орбиты планет от Солнца количество воды на них увеличивается, а наиболее распространенной формой ее стабильного существования становится лед. Так, если на самом близком к Солнцу Меркурии вода вообще отсутствует, то на Венере она уже имеется в виде пара в атмосфере. На Земле же вода находится одновременно в трех фазовых состояниях, каждому из которых, как известно, соответствует свой крупный «резервуар» — атмосфера, гидросфера и оледенение — наземное и подземное. На более удаленном от Солнца Марсе наиболее распространенное состояние воды — лед, и лишь небольшое ее количество входит в состав атмосферы в газообразной фазе и, по-видимому, встречается в коре в виде жидкости под мерзлотой. Еще дальше от Солнца, на спутнике Юпитера, как установлено недавно с помощью космических аппаратов «Вояджер», вода является одним

из основных веществ, составляющих ледяные коры, а спутники Сатурна состоят преимущественно из сверхнизкотемпературных льдов. Изучение этих промерзших (криогенных) оболочек планет становится в последние годы самостоятельной ветвью сравнительной планетологии.

Среди криогенных оболочек планет (кроме, конечно, земной) наиболее изучена в настоящее время марсианская мерзлота. Марс — одна из небольших планет Солнечной системы (она в 10 раз меньше Земли) — обладает атмосферой, на 96% состоящей из углекислоты. На поверхности этой планеты имеются постоянные резервуары воды — ледяные полярные шапки. С точки зрения геологической эволюции, Марс как планета представляет собой промежуточное звено между примитивным и безводным планетным телом Луной и наиболее «зрелой» и сильно обводненной Землей. При существующих на поверхности Марса давлениях и температурах, кроме льда воды, может существовать лед углекислоты и газогидраты — твердые продукты взаимодействия воды и углекислоты. Все это делает марсианское оледенение особенно интересным объектом изучения.



Постоянная полярная шапка Северного полушария Марса. Ледяной покров шапки диаметром около 1 тыс. км полностью перекрывает лежащие под ней слоистые отложения из льда и пыли (фото «Маринера-9»).



Фотомонтаж постоянной полярной шапки Южного полушария Марса. Ледяной покров занимает область диаметром около 300 км, а весь комплекс слагающих ее отложений простирается значительно дальше. Меньший размер ледяного покрова определяется более близким к Солнцу положением Южного полушария в летнее время в отличие от Северного (фото «Викинга-1»).

## МАРСИАНСКАЯ КРИОЛИТОСФЕРА

Марс удален от Солнца в 1,5 раза дальше, чем Земля, атмосфера его сильно разрежена. Поэтому средняя температура на поверхности этой планеты минус  $60^{\circ}\text{C}$ , а минимальные значения температур в полярных областях зимой достигают минус  $140^{\circ}\text{C}$ . Область постоянных отрицательных температур простирается в атмосфере Марса до высот 130—140 км и проникает в горные породы планеты повсеместно (от экватора до полюсов) на значительные глубины — до нескольких километров. В результате внешний слой коры Марса целиком скован броней из мерзлых пород, что и привело к появлению самостоятельной твердой оболочки промерзания — криолитосферы, толщина которой в среднем составляет 1,5 км на экваторе и 5 км на полюсах. Таким образом, даже на экваторе Марса толщина слоя промерзших пород превышает максимальные глубины многолетнего промерзания в районах наибольшего развития мерзлоты на Земле. Марсианская криолитосфера способствовала вымораживанию атмосферной влаги и сконцентрировала в себе (в форме льда) значительную долю свободной воды. Поэтому наблюдаемое здесь количество

атмосферной влаги, которое в 200 раз меньше, чем в воздухе самых знойных пустынь Земли, зависит главным образом от упругости пара над льдом, заключенным в мерзлых породах и слагающим «вечные» полярные шапки.

Эти крупные мерзлотно-гляциальные образования, сложенные ритмично-слоистыми толщами из льда и пыли, сформировались близ полюсов в результате длительной конденсации водяного пара (в форме льда) и аккумуляции пыли. Причем пылинки, осаждаемые ежегодно в полярных зонах планеты после глобальных пылевых бурь (особенно сильных в годы великих противостояний Марса), служат ядрами конденсации для воды и углекислоты. Считается, что содержание льда и пыли в постоянных шапках Марса примерно одинаково.

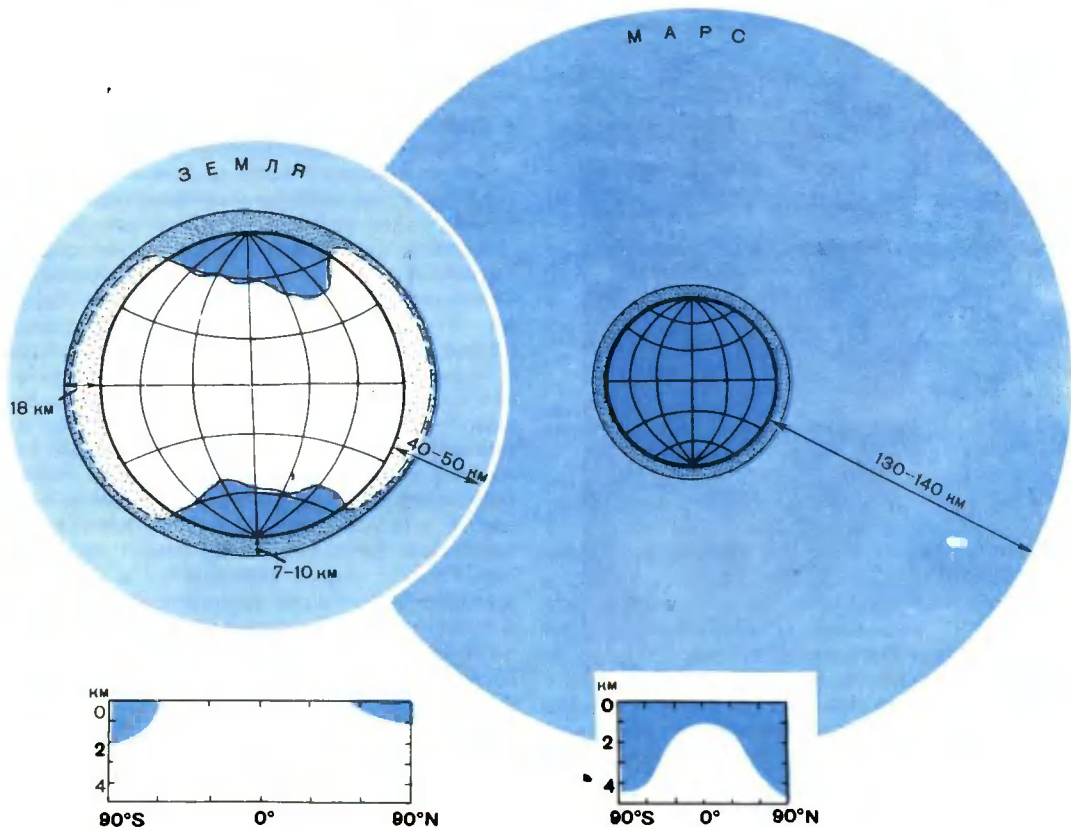
Кроме «вечных» полярных шапок, с осени и до конца зимы, когда в средних и высоких широтах одного из полушарий планеты температура поверхности падает до минус  $130^{\circ}\text{C}$ , образуются сезонные полярные шапки. Часть атмосферной влаги и около 20% основной компоненты атмосферы — углекислого газа — вымораживается и оседает на поверхности в виде снежного покрова, который распространя-

ется в Северном полушарии от полюса примерно до параллели  $45^\circ$ . Этот покров — довольно тонкий, его толщина изменяется от нескольких миллиметров на периферии шапок до одного метра на полюсах.

Еще шесть лет назад советскими учеными была высказана интересная гипотеза<sup>1</sup>, согласно которой сезонные полярные шапки Марса имеют концентрически зо-

нальное строение. В зонах, примыкающих к полюсам, они должны состоять из льда  $\text{CO}_2$  и небольшой части льда  $\text{H}_2\text{O}$ . Южнее располагается зона льда  $\text{CO}_2$  с примесью газогидрата ( $\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), затем зона газогидрата и в краевом кольце — лед  $\text{H}_2\text{O}$ . Похоже, что авторы этой гипотезы правы — присутствие льда  $\text{H}_2\text{O}$  и газогидратов в краевой зоне северной сезонной шапки было зафиксировано благодаря исследованиям, проведенным непосредственно на поверхности Марса с помощью посадочного аппарата «Викинг-2». Таким образом,

<sup>1</sup> Алехин Ю. В., Закиров И. В., Базилевский А. Т., Флоренский К. П. — Геохимия, 1977, № 9, с. 1283.



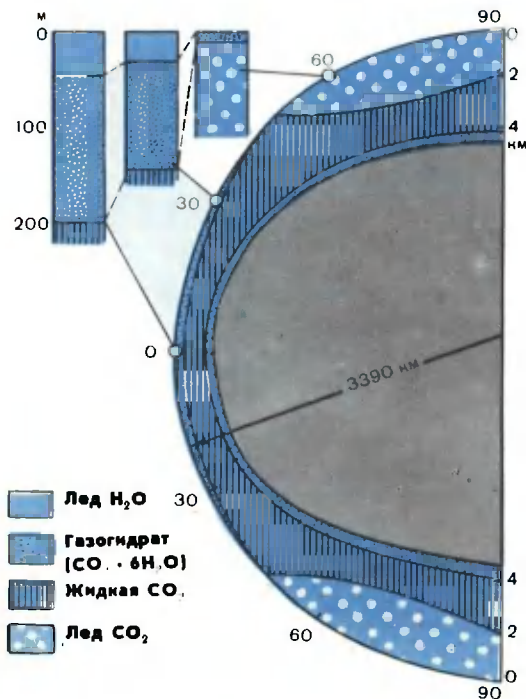
**Криосферы** [области отрицательных температур] Земли и Марса. Область охлаждения атмосферы у Марса значительно больше чем у Земли. Область распространения атмосферной влаги на Марсе более узкая, чем на Земле. На всех широтах породы Марса подверглись промерзанию до больших глубин, тогда как на Земле мерзлые породы встречаются лишь в высоких и средних широтах. Мощности промерзания пород видны на меридиональных разрезах, приведенных внизу.

#### Отрицательные температуры

- в атмосфере
- в коре
- Области с основной массой воды в атмосфере
- Нижняя граница криосферы в атмосфере Земли

на поверхности Марса сезонно образуются не только лед  $H_2O$ , но также лед  $CO_2$  и газогидраты.

А может ли существовать фазовая неоднородность воды и углекислоты в мерзлых толщах марсианской криолитосферы? Ведь из-за планетарных масштабов мерзлоты и большой глубины многолетнего промерзания на Марсе в пределах его криолитосферы очень широко меняются термодинамические условия (температура и давление), при которых могут существовать те или иные стабильные фазы воды,



Модельный разрез криолитосферы Марса, показывающий области возможного существования различных фаз воды и углекислоты. Областью стабильного существования льда воды является вся криолитосфера, тогда как жидкая и твердая фазы углекислоты и газогидратов приурочены к определенным широтам и глубинам.

углекислоты и газогидратов. Исследование этого вопроса проводилось автором с помощью совместного анализа термодинамического поля криолитосферы и фазовой диаграммы  $H_2O - CO_2$  (такая диаграмма была построена сотрудниками Института экспериментальной минералогии АН СССР применительно к условиям Марса<sup>2</sup>). Полученные результаты свидетельствуют о том,

что стабильные фазы воды, углекислоты и газогидратов в криолитосфере Марса распределены неравномерно, как в широтном направлении, так и по глубине<sup>3</sup>. При этом областью стабильного существования льда воды служит целиком вся криолитосфера, тогда как области существования фаз твердой и жидкой углекислоты, а также газогидрата приурочены к определенным зонам, глубина которых меняется в зависимости от широты местности. В экваториальных и средних широтах ближе к поверхности располагается область существования газогидратов, ниже ее — жидкой углекислоты, а в самых глубоких частях — вновь область газогидратов. В полярных разрезах криолитосферы картина ее строения несколько отличается — здесь близко к поверхности может находиться обширная область существования твердой углекислоты (сухого льда), а ниже — область жидкой углекислоты, сменяющаяся с глубиной областью газогидратов.

Как уже говорилось, вся криолитосфера Марса есть область стабильного существования льда воды. Однако будет ли он устойчив при контакте мерзлых пород со столь иссушенной атмосферой в разных широтных зонах Марса? Оказывается, нет. Дело в том, что среднегодовым температурам поверхности Марса на разных широтах соответствуют разные величины упругости пара над льдом, которые заметно отличаются от среднего парциального давления водяного пара в атмосфере. Так, в низких широтах упругость пара над льдом больше, а в высоких меньше, чем парциальное давление водяного пара в атмосфере. По этой причине в пределах широтного пояса от 50° с.ш. до 50° ю.ш. существует постоянный дефицит насыщения атмосферы водяным паром. Это, в свою очередь, приводит к испарению льда из поверхностных мерзлых пород и превращению последних в сухие морозные (почти лишенные льда) породы. Лишь на широтах выше 50° лед может устойчиво существовать в поверхностных породах.

Поскольку дефицит влажности на разных широтах неодинаков (максимальный — на экваторе и минимальный — на средних широтах), то мощность слоя ис-

<sup>2</sup> Алехин Ю. В., Жариков В. А., Закирова И. В. Система  $H_2O - CO_2$  и атмосферы планет. — В сб.: Итоги науки и техники. Сер. «Геохимия. Минералогия. Петрография». М., 1973, т. 7.

<sup>3</sup> Кузьмин Р. О. К вопросу о строении криолитосферы Марса. — В сб.: Проблемы криолитологии. М., 1977, вып. 6.



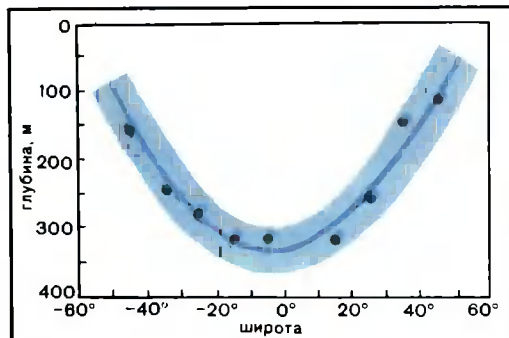
сушенных (морозных) пород или глубина кровли пород, содержащих лед, должна быть наибольшей в экваториальной зоне и постепенно уменьшаться по направлению к полюсам. Следовательно, глубина кровли мерзлых пород, залегающих под морозными, должна также меняться в зависимости от широты. Однако, чтобы определить эти глубины, необходимо применение в больших масштабах геофизических методов и бурения непосредственно на поверхности Марса, а это уже дело неопределенного будущего. Но нельзя ли заглянуть в недра криолитосферы сейчас, когда в нашем распоряжении находятся только детальные космические снимки поверхности Марса? Выход подсказала сама марсианская мерзлота, а вернее, геоморфологические признаки ее проявления в самых распространенных формах рельефа — метеоритных кратерах, которые в зависимости от размера вскрывают верхний слой планеты на глубину от десятков метров до нескольких километров<sup>4</sup>. Потребовалось только найти код к прочтению той информации, которая заключена в морфологии таких кратеров.

#### КЛЮЧ К ГЛУБИНАМ МАРСИАНСКОЙ МЕРЗЛОТЫ

Когда появились детальные снимки поверхности Марса (с разрешением деталей рельефа до нескольких десятков метров), обнаружилось, что для многих кратеров характерна специфическая морфология зоны выбросов грунта — система радиально ориентированных потоков, края которых имеют форму лопастей. Благодаря такой форме выбросов, кратеры на поверхности Марса выглядят, как барельефы гигантских цветков. Марсианские выбросы из кратеров имеют поразительное сходство с грязевыми потоками на Земле, а ширина зоны таких выбросов в несколько раз протяженнее, чем у лунных и меркурианских кратеров, образованных в безводной среде.

Таким образом, можно заключить, что потоковидные выбросы из марсианских кратеров — результат метеоритного взрыва в породах, содержащих лед, который приводит к плавлению льда и насыщению грунта водой. Этот материал после баллистического переноса и падения продолжал двигаться по поверхности как текущая субстанция типа грязевых потоков.

Поэтому необычная морфология зоны выбросов может служить объективным показателем вскрытия содержащих лед пород при метеоритном взрыве. При этом глубина минимального по размеру кратера с потоковидными выбросами (предельного кратера) представляет собой своеобразный ключ к оценке глубины залегания кровли мерзлых пород, расположенных под слоем иссушенных морозных пород. Такие кратеры — это своеобразные «буровые скважины», которые только начинают вскрывать содержащие лед по-

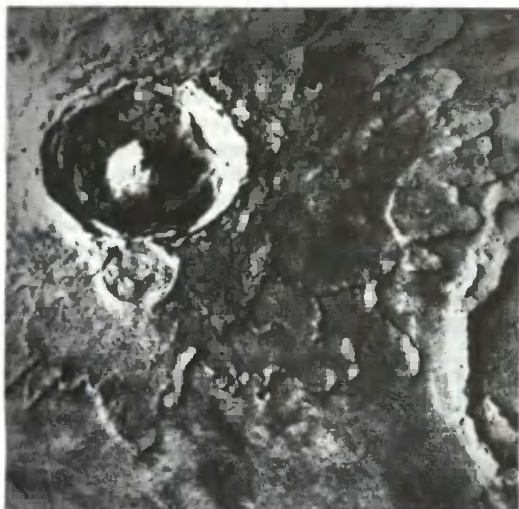


Положение кровли пород, содержащих лед, на Марсе. Глубина кровли уменьшается в направлении к полюсам.

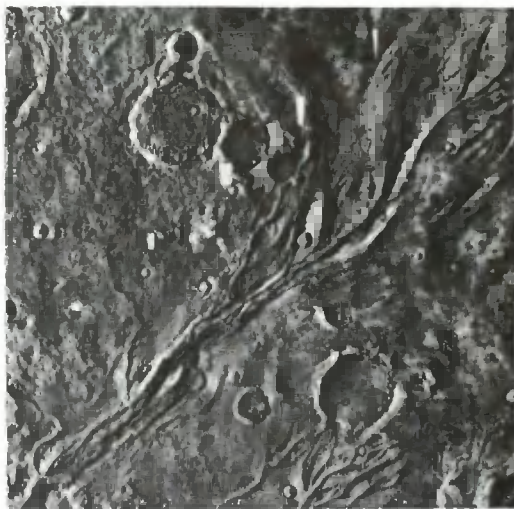
роды. Положение кровли этих пород определяется глубиной выброса материала из кратера, составляющей примерно половину наблюдаемой его глубины, что известно из физики высокоскоростного удара (а образование метеоритных кратеров происходит именно по типу такого процесса).

При изучении многих сотен кратеров диаметром от 1 до 36 км в разных районах Марса автором была обнаружена интересная закономерность. Оказалось, что в зависимости от географической широты местности минимальные размеры кратеров с потоковидными выбросами заметно отличаются. Так, их диаметр в экваториальных районах составляет 7—9 км, в средних и высоких широтах — 1—2 км. А это уже доказательство того, что глубина положения кровли содержащих лед пород на Марсе в направлении от экватора к высоким широтам постепенно уменьшается. Статистическая обработка оценок таких глубин, полученных для разных широт Марса, показала, что граница раздела между морозными и мерзлыми породами в

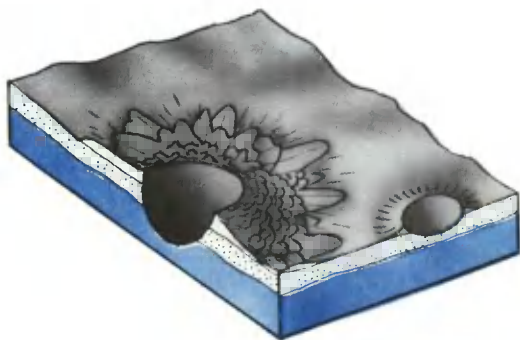
<sup>4</sup> Кузьмин Р. О. — Доклады АН СССР, 1980, т. 252, № 6, с. 1348.



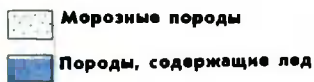
Один из типичных метеоритных кратеров с потоковидными выбросами [фото «Викинга-1»].



Следы древней водной эрозии на поверхности Марса, эпизодически возникающей в результате воздействия магматической деятельности на мерзлоту [фото «Викинга-1»].



Блок-диаграмма строения верхних горизонтов криолитосферы Марса. Потоковидные выбросы из марсианских кратеров появляются, когда при образовании кратера вскрываются породы, содержащие лед.



экваториальной зоне находится на глубине 300—400 м и постепенно поднимается в направлении к высоким широтам, достигая глубины менее 100 м на широтах 50°. Поскольку на широтах выше 70° лед в условиях Марса уже стабильно существует на поверхности, то кровля пород, содержащих лед, очевидно, выходит непосредст-

венно на поверхность в интервале широт 50—70°.

Из анализа существующей геологической информации о Марсе выяснилось, что обнаруженная граница раздела между морозными и мерзлыми породами сформировалась не позднее 200—300 млн лет назад, а значит собственно мерзлота существовала еще раньше. В условиях Марса сроки жизни льда, погребенного под слоями рыхлых пород (соизмеримым с обнаруженными мощностями «сухой» мерзлоты), значительно превышают отрезок времени, прошедший с момента формирования выявленной границы. Следовательно, положение кровли мерзлых пород до настоящего времени изменилось незначительно, а обнаруженная граница, очевидно, близко соответствует ее современному залеганию.

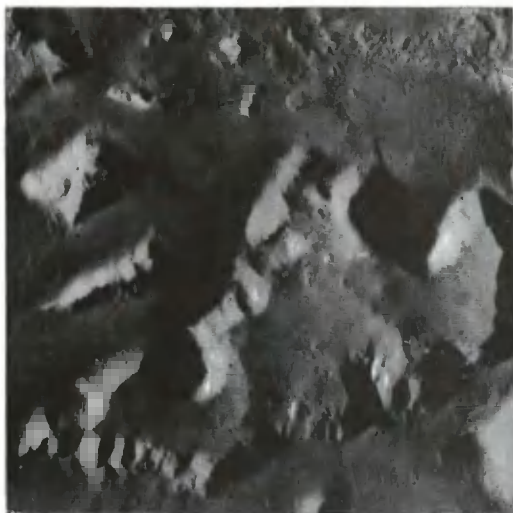
Каким же образом столь мощная мерзлота Марса проявляется на поверхности планеты, помимо уже рассмотренной морфологии метеоритных кратеров?

#### ПРИЗНАКИ МЕРЗЛОТЫ В РЕЛЬЕФЕ МАРСА

Большинство обнаруженных признаков проявления мерзлоты в рельефе Марса — результат нарушения криогенных толщ эндогенными и экзогенными процессами на разных этапах его геологической



Гигантские оползни (длиною до 30 км), образовавшиеся в основании бортов каньона Ганг [фото «Викинга-1»].



Подсклоновые шлейфы вокруг останцовых гор — результат вязкопластичного движения льдонасыщенного материала на склонах [фото «Викинга-1»].

истории<sup>5</sup>. Результаты геологического исследования Марса, проводимого по космическим снимкам, показывают, что начиная с ранних периодов истории Марса (примерно 3,5 млрд лет назад), наряду с интенсивной вулканической активностью, лик планеты формировали и потоки воды. При извержении вулканов мерзлота временно разрушалась в различных районах планеты, что способствовало эпизодическому высвобождению воды из криолитосферы на поверхность. А это, в свою очередь, приводило к развитию водной эрозии, следы которой прекрасно сохранились до настоящего времени в виде крупных и мелких долин и русел. Можно считать, что мерзлота на Марсе как планетарное явление сформировалась на ранних этапах его геологической истории. Об этом свидетельствуют не только постоянные полярные шапки, но и многие формы рельефа, подобные тем, которые формируются в зонах мерзлоты на Земле. Среди них так называемые подсклоновые шлейфы с признаками вязкопластичного течения материала, провалы, образованные просадками, термоэрозией и термокарстом, оползни, полигональные формы мик-

рорельефа (системы пересекающихся желобов, образующих на поверхности решетчатую структуру).

Для экваториальной зоны Марса характерны образования, связанные с крупномасштабным процессом разрушения криогенных толщ,— провально-просадочные формы рельефа, из которых берут начало крупнейшие на планете долины речного типа. В этой же зоне в пределах гигантских каньонов планеты — долин Маринер — широко распространены крупные оползни и подобные оврагам долины. Их возникновение скорее всего связано с разрушением мерзлых пород, вскрываемых в бортах каньонов, и вскрытием горизонтов подмерзлотных вод.

Многочисленные ветвящиеся (дендритовидные) долины распространены главным образом от 30° с.ш. до 40° ю.ш. в пределах древнейших участков планеты — на поверхности возвышенностей, покрытых огромным количеством кратеров. Образование некоторых из таких долин, по-видимому, было связано с неоднократной эпизодической разгрузкой подмерзлотных вод при колебаниях нижней границы мерзлых пород, вызванных изменениями температурных полей криолитосферы в результате многовековых колебаний климата. Кроме того, проявление водной эрозии в указанной зоне было вызвано воздействием на мерзлые толщи

<sup>5</sup> Кузьмин Р. О. Строение криолитосферы Марса и проявление ее в рельефе планеты.— В сб.: Проблемы криолитологии. М., 1982, вып. 10.





Котловины провально-просадочного происхождения, возникшие при разгрузке подмерзлотных артезианских бассейнов (фото «Викинга-1»).

магматической деятельности — лавовых излияний и интрузий.

В области от 30° ю.ш. до 47° с.ш. в отдельных районах обнаружены округлые котловины, подобные тем, которые широко распространены в Якутии благодаря развитию процесса термокарста (таяния подземных льдов) и носят название аласов. Однако в отличие от Земли на Марсе аласоподобные котловины должны образовываться не за счет вытаивания подземных льдов, а в результате их испарения.

Наиболее выраженный зональный характер распространения имеют криогенные склоновые образования — обширные подсклоновые шлейфы (протяженностью в десятки километров) с признаками вязкопластичного течения слагающего их

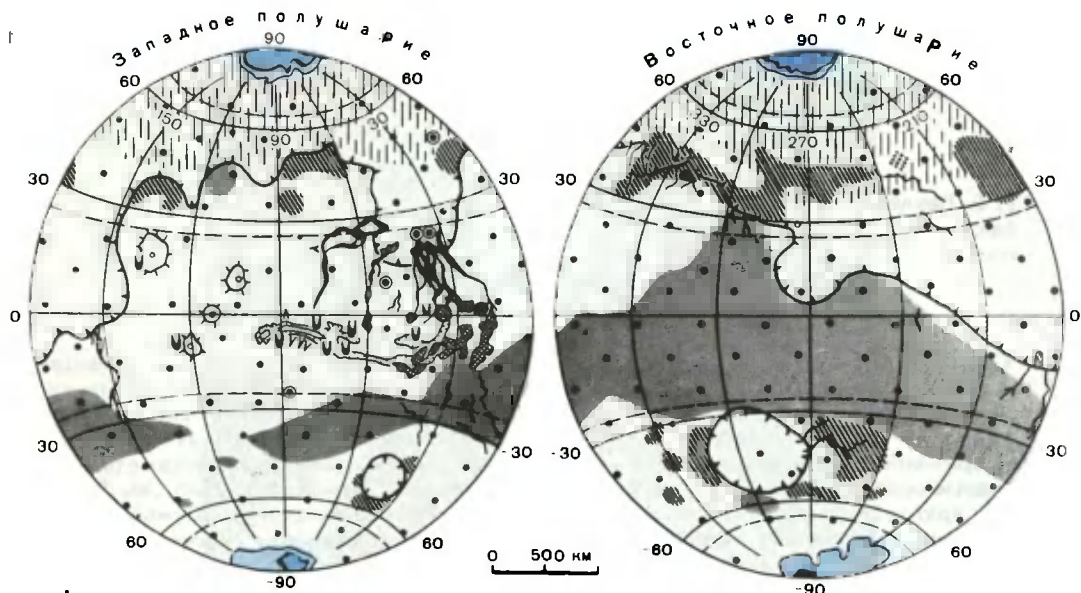
материала. Распространение этих форм рельефа строго ограничивается двумя широтными зонами: 30—50° с.ш. и 30—60° ю.ш. Изучение космических снимков этих районов убеждает нас в том, что в пределах указанных широт мерзлые (содержащие лед) породы залегают близко к поверхности. Поэтому, когда эти породы вскрываются в стенках уступов высотой до 1 км, начинается интенсивное развитие криогенных склоновых процессов. Полигональные формы мерзлотного микро-рельефа, обнаруженные в месте посадки «Викинга-2» (47° с.ш.), также служат подтверждением близкого к поверхности залегания мерзлых пород в этом районе. Такого же рода структуры, широко распространенные на поверхности северных равнин и около северной полярной шапки, имеют поразительное сходство с мерзлотными полигонами на Земле. Однако необычайно крупные размеры марсианских полигонов (до 20 км) не позволяют уверенно отнести их в разряд мерзлотных форм.

Взаимодействие излияний лав с льдистыми породами на обширных площадях северных равнин Марса (в широтной зоне от 30 до 70° с.ш.) привело к интенсивному формированию термоэрозионных и термокарстовых образований в форме многочисленных столовых гор и гряд, так называемых слепых долин, котловин и бугристо-западных поверхностей. Сочетание этих форм рельефа придает поверхности этих районов очень сложный вид.








В итоге обобщения полученных автором результатов геоморфологического анализа космических снимков Марса впервые составлена карта криогенных образований на этой планете. Карта наглядно показывает, что разные морфологические признаки мерзлоты приурочены к определенным широтным зонам планеты. Это свидетельствует о том, что на Марсе, как и на Земле, проявляет себя фактор географической зональности, определивший главные особенности проявления мерзлоты в рельефе планеты. Выявленные особенности распределения криогенных образований служат убедительным свидетельством общепланетарного распространения мерзлоты на Марсе.

★

Потенциальное содержание воды в криолитосфере Марса, вычисленное автором на основании модельных разработок и результатов определения фактического положения кровли мерзлых пород, составляет величину около  $5 \cdot 10^{22}$  г. Это коли-



Карта распространения признаков мерзлоты в рельефе Марса.

-  Ледяной покров полярных шапок
-  Содержащие лед слоистые отложения полярных шапок
-  Проявления термокарста и термоэрозии
-  Смещения взкопластичного материала по склонам
-  Дендритовидные долины
-  Кратеры с потоковидными выбросами
-  Провально-просадочные депрессии

-  Крупные долины
  -  Крупные оврагоподобные формы
  -  Оползни и оплывины
  -  Аласоподобные котловины
  -  Микрополигональные формы
- Границы:
-  возвышенностей и низменностей
  -  крупнейших каньонов
  -  вулканов

чество во много раз превышает содержа-ние воды в полярных шапках планеты и, по-видимому, представляет собой значи-тельную часть от общих запасов свободной воды, выделившейся за геологическую историю Марса. Если бы всю воду, содер-жащуюся в криолитосфере, равномерно распределить по поверхности Марса, то образовался бы океан глубиной в несколь-ко сот метров. По масштабам Марса это совсем не малое количество воды, а ведь кроме этого под криолитосферой наверня-ка существуют подмерзлотные воды, о количестве которых пока трудно что-либо сказать. Из-за большой удаленности Марса от Солнца условия на его поверхности исключают возможность существования воды в жидком виде, и здесь не смог

появиться водный резервуар, подобный гидросфере Земли. Вместо него в обшир-ной зоне отрицательных температур лито-сферы на Марсе образовалось грандиозное по масштабам подземное оледенение.

Формирование в верхней части коры Марса мощной криогенной оболочки — еще одно свидетельство в пользу пред-ставления о том, что в ходе эволюции внешних оболочек планет вода стремилась обособиться в самостоятельный планетар-ный резервуар. Но, в зависимости от внеш-них термодинамических условий на по-верхности планет, такой резервуар при-нимал разную форму — например, в виде гидросферы — на Земле, криолитосфе-ры — на Марсе и ледяных кор — на спут-никах Юпитера и Сатурна.

## Е. Р. Дашкова — директор Петербургской академии наук

Г. Е. Павлова,  
кандидат исторических наук  
Москва

Среди организаторов отечественной науки XVIII в. видное место занимает Екатерина Романовна Дашкова (1744—1810), одна из образованнейших женщин своего времени. Неиссякаемая энергия, незаурядные организаторские способности, широкий кругозор, глубокое уважение к науке и ученым, тесные контакты со многими выдающимися деятелями науки и культуры Западной Европы и Америки, определенная поддержка ее начинаний со стороны правящих кругов России — все это позволило Дашковой успешно руководить Петербургской академией наук более десяти лет (1783—1796)<sup>1</sup>. Впервые в истории не только России, но и других государств высшее научное учреждение возглавляла женщина.

Как важное социально-политическое явление XVIII столетия отметил А. И. Герцен государственную деятельность Дашковой на посту директора Академии наук. Он писал: «Дашковой русская женская личность, разбуженная петровским разгромом, выходит из своего затворничества, заявляет свою собственность и требует участия в деле государственном, в науке, в преобразовании России...» И далее: «В Дашковой чувствуется... что-то сильное, многостороннее, деятельное, петровское, ломоносовское, но смягченное аристократическим воспитанием и женственностью»<sup>2</sup>.

Е. Р. Дашкова родилась в Петербурге в 1744 г. в семье графа Р. И. Воронцова<sup>3</sup>. Рано потеряв мать, девочка с четырех лет

воспитывалась в семье дяди — канцлера М. И. Воронцова. В доме елизаветинского вельможи она получила хорошее образование. В своих воспоминаниях Дашкова писала: «Книги стали рано предметом моей страсти». П. Бейль, Н. Буало, Ф. Вольтер, Ш. Монтескье были ее любимыми авторами<sup>4</sup>. Знание четырех иностранных языков — французского, немецкого, английского и итальянского — позволило ей познакомиться с западноевропейскими писателями и философами. В доме Воронцовых бывало немало образованных людей, в том числе и иностранных дипломатов. Любопытная девочка «расспрашивала их о чужих краях, о формах правления и о законах»<sup>5</sup>. В семье Воронцовых почитался талант М. В. Ломоносова, поддерживались многие его научные и научно-организационные начинания. Не случайно Дашкова с глубоким уважением относилась к заслугам великого русского ученого. В период ее руководства Петербургской академией наук по ее инициативе было напечатано (1784—1787), а в 1794 г. переиздано первое академическое издание сочинений Ломоносова. В библиотеке Екатерины Романовны имелось немало сочинений русского ученого — «Древняя российская история», «Краткий Российский летописец с родословием», «Риторика» и др.<sup>6</sup> В своих филологических изысканиях она широко использовала передовые для того времени идеи Ломоносова в области языка и литературы.

В 1760 г. шестнадцатилетняя Екатерина Воронцова вышла замуж за гвардейского офицера князя Михаила Ивановича Дашкова. В том же году она знакомится с будущей императрицей Екатериной II; через два года Дашкова стала одной из

<sup>1</sup> Одновременно Е. Р. Дашкова являлась президентом Российской академии, созданной при ее непосредственном участии в 1783 г. Главной задачей этой Академии была разработка основ русского языка и словесности.

<sup>2</sup> Герцен А. И. Собр. соч. в 30-ти т., т. 12. М., 1957, с. 361—362.

<sup>3</sup> См.: Лозинская Л. Я. Во главе двух Академий. М., 1978.

<sup>4</sup> Записки княгини Е. Дашковой. СПб, 1906, с. 9.

<sup>5</sup> Там же, с. 11.

<sup>6</sup> Ленинградское отделение Архива Академии наук СССР (в дальнейшем: ЛО ААН СССР), ф. 3, оп. 1, № 344, лл. 101—101 об.





Екатерина Романовна Дашкова  
17[28]. III 1743 или 1744—4[16]. I 1810.

участниц дворцового переворота, в результате которого русский престол перешел от Петра III к Екатерине.

Однако отношения Дашковой с императрицей вскоре осложнились, и она была отдалена от правящей элиты. А. И. Герцен по этому поводу писал: «Дашкова бесспорно одаренная государственным умом... имела два больших недостатка, помешавшие ей сделать карьеру: она не умела молчать, ее язык резок, колок и не щадит никого, кроме Екатерины; сверх того она слишком горда, не хотела и не умела скрывать своих антипатий, словом, не могла «принижать своей личности», как выражаются московские староверы»<sup>7</sup>.

Вскоре на Дашкову обрушиваются страшные удары судьбы. В 1764 г. умирает ее старший сын, а затем и муж. Но неутомимая деятельность, негибкая воля и неиссякаемая энергия заставляют молодую женщину сосредоточить все свои знания и силы на воспитании и образовании другого сына и дочери. И здесь сказывается ее широкий научный кругозор. Вместе с ними она много путешествует, посещает разные города Западной Европы. Во время путешествий она проявляла большой интерес к науке, к западноевропейскому искусству и литературе. В Париже она «с удовольствием увиделась с Дидро», познакомилась с видными французскими учеными — Ж. Кондорсе, Ж. Лаландом, Ж. Байи и др. Здесь же она встречается со скульптором Э. Фальконе, а скульптор Ж. Гудон создает

<sup>7</sup> Герцен А. И. Указ соч., т. 12, с. 393.

ее бронзовый бюст<sup>8</sup>. В Италии она посещает университеты, работает в библиотеках и монастырских архивах, изучая итальянскую литературу, историю и искусство. В Вене знакомится с богатыми собраниями по естественной истории, в Брюсселе занимается ботаникой, в Англии устанавливает научные контакты со многими известными учеными — А. Смитом, Д. Блэком, У. Гершелем, У. Робертсоном и др.

В середине 1782 г. после длительного путешествия по странам Западной Европы Дашкова возвратилась в Россию, а через полгода была назначена директором Петербургской академии наук.

Прошло почти шестьдесят лет, как в России по замыслу Петра I была основана Петербургская академия наук. За этот сравнительно небольшой период своего существования Академия заняла почетное место среди западноевропейских научных корпораций. Огромный вклад в научную и научно-организационную жизнь Академии внес Ломоносов. Все его творчество, проникнутое высоким патриотизмом, служило примером для многих передовых ученых второй половины XVIII в., которые продолжили борьбу за развитие отечественной науки и культуры.

Дашкова возглавила Петербургскую академию наук в тот период, когда она находилась в особенно тяжелом положении. Формально президентом Академии являлся К. Г. Разумовский, назначенный на этот пост еще Елизаветой Петровной в 1746 г. (и числившийся президентом до 1798 г.). Но фактически все руководство высшим научным учреждением страны находилось в руках директора. Эта должность была введена в 1766 г. Екатериной II, она и назначала на нее по своему усмотрению. Директорами были люди, далекие от науки, но близкие к императорскому двору. Первым директором Академии стал В. Г. Орлов, родной брат фаворита императрицы Г. Г. Орлова.

Весьма трудными для Петербургской академии оказались годы директорства предшественника Дашковой — С. Г. Домашнева. Во времена широкого размаха в стране крестьянских восстаний твердый и властный Домашнев показался Екатерине II вполне подходящей кандидатурой для занятия этой должности. Бывший офицер, новый директор повел себя с учеными как грубый и деспотичный человек, который

не считался ни с их научными заслугами, ни с существовавшими в Академии традициями. Члены Академии, обремененные посторонними делами, далекими от науки — составлением всякого рода отчетов, объяснительных записок и т. п., — не имели времени для выполнения своих прямых обязанностей, и им приходилось отказываться от научных исследований<sup>9</sup>. К началу 80-х годов исследовательская, учебная и издательская деятельность Академии пришла в полный упадок. После его директорства, как писала Дашкова, все дела «остались в великом беспорядке и не могут служить ни к чести, ни к славе Академии»<sup>10</sup>. В 1782 г. впервые в истории этого учреждения ученые отказались подчиняться директору. Это стало известно в правительственных кругах. Екатерина II поняла, что положение дел в Академии достигло крайнего напряжения, что директор перешел границы дозволенного ему «предначертаний» и способен скомпрометировать «просвещенную» императрицу, которой слыла Екатерина как в России, так и за рубежом. В результате работы специальной комиссии, созданной для проверки работы Академии, Домашнев был отстранен от должности, а на этот пост в январе 1783 г. назначена Дашкова.

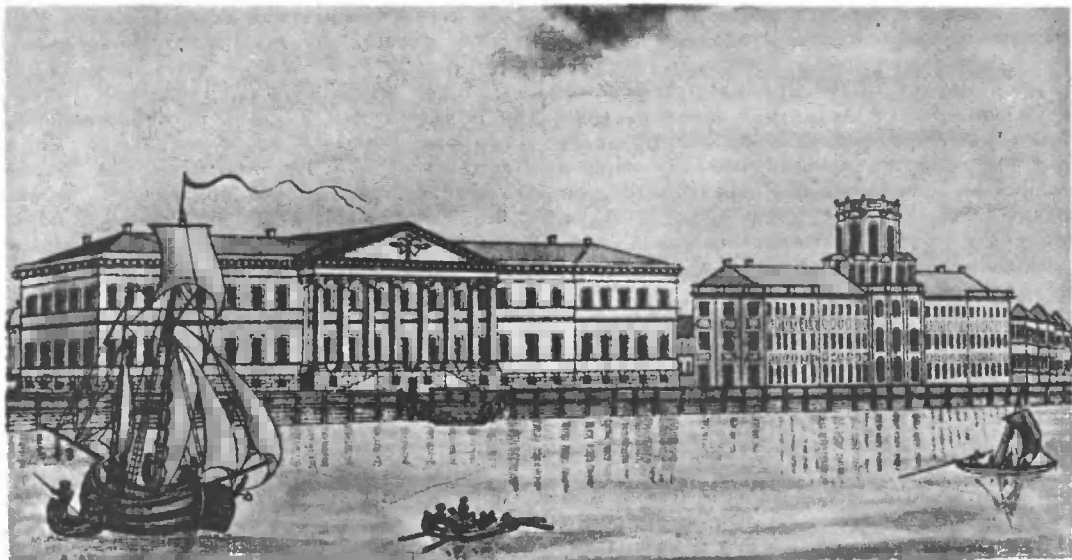
Отдавая должное науке и просвещению, новый директор с большой ответственностью приступила к порученному ей делу. Впервые присутствуя на заседании Конференции Академии наук 28 января 1783 г., на которое собрались все члены Академии, она заявила, что испытывает бесконечную гордость от того, что имеет честь председательствовать в столь почтенном собрании. Она заверила ученых, что будет с уважением относиться к их талантам и заслугам, ибо ценит ту большую пользу, которую наука приносит обществу. Она обещала положить в основу своего руководства заботу и постоянное внимание к нуждам Академии, чтобы способствовать развитию научных исследований<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Центральный государственный архив древних актов (в дальнейшем: ЦГАДА), ф. 17, Госархив, ед. хр. 35, л. 27. «Доношение академиком Я. Я. Штелина, С. Я. Румовского, А. П. Протасова и С. Я. Котельникова в Сенат».

<sup>10</sup> ЛО ААН СССР, ф. 3, оп. 1, № 341, л. 142. Письмо Е. Р. Дашковой — Г. Ф. Миллеру. Март 1783 г.

<sup>11</sup> Протоколы заседаний Конференции Академии наук с 1725 по 1803 г. (в дальнейшем: Протоколы заседаний Конференции). СПб, 1900, т. III, с. 648.

<sup>8</sup> Записки княгини Е. Дашковой, с. 140, 142.



Здание Академии, построенное во время директорства Е. Р. Дашковой по проекту архитектора Д. Кваренги (вторая половина XVIII в.).

Многие западноевропейские ученые, лично знакомые с Екатериной Романовной во время ее путешествий по Европе и знавшие о ее приверженности к наукам, приветствовали назначение Дашковой на пост директора Петербургской академии. Английский физик Д. Г. Магеллан в письме от 4 апреля 1783 г. поздравил петербургских коллег с вступлением Дашковой на эту ответственную должность, а к своему письму приложил вырезку из английской газеты, в которой давалась высокая оценка этому событию<sup>12</sup>.

Протоколы заседаний Конференции Академии наук, являющиеся летописью ее научной и научно-организационной жизни, дают обширные сведения о роли Дашковой в руководстве высшим научным центром страны. Кроме того, при ее директорстве неоднократно составлялись сравнительные отчеты о состоянии дел в Академии, по которым можно было бы судить о том, что изменилось за годы ее правления в деятельности этого учреждения. Особый интерес представляет ее неопубликованная «Записка, показывающая срав-

нительное состояние Академии наук Санкт-Петербургской в последнее десятилетие» (с 1783 по 1793 г.)<sup>13</sup>.

Деятельность Дашковой в Академии поддерживалась Екатериной II. Она видела в ней образованную женщину, которая способна умело проводить нужную императрице политику в области науки и просвещения. И действительно, Дашкова вынуждена была строго следовать предписаниям Екатерины. Так, страх русской императрицы перед надвигающейся французской революцией заставляет усилить надзор за научной литературой, имевшейся в Академии. На одном из заседаний Конференции в марте 1783 г. Дашкова объявила, что по приказу императрицы необходимо составить каталог книг, которые запрещены правительством, и изъять их из употребления. Вскоре Дашкова информировала членов Академии о негодовании Екатерины II, которая познакомилась с этим каталогом и так реагировала на сообщение директора: все эти книги содержат непристойности, и они запрещены «во всех просвещенных государствах», поэтому они не нужны никому и менее всего, чтобы Академия наук их распространяла. Дашкова целиком согласилась с мнением Екатерины II — пре-

<sup>13</sup> ЦГАДА, ф. 199, оп. 2, ед. хр. 421, д. 1, лл. 1—9 об. На рукописи имеется пометка: «Сочинение сие княгини Екатерины Романовны Дашковой, вступившей на место Академии директора камергера Домашнева. 1783 года».

<sup>12</sup> Там же, с. 671.

дать огню эти книги и даже предложила разорвать сам каталог, чтобы не хранить его как напоминание<sup>14</sup>.

С приходом Дашковой к руководству в Петербургской академии начались важные научно-организационные преобразования. Улучшается финансовое положение Академии, значительно пополняется ее личный состав, резко увеличивается число учеников Академической гимназии, налаживается работа некоторых научных подразделений, совершенствуется издательская деятельность, возрождается пропаганда научных знаний, расширяются международные связи и т. п.

Дашкова выправила и трудное финансовое положение Академии. Привела в порядок ее денежные фонды, взыскивая и уплачивая долги Академии, получила дополнительные ассигнования от правительства. И в короткий срок она добилась того, что Академия обладала той суммой, которая была необходима для ее нормальной деятельности.

Члены Петербургской академии с энтузиазмом поддержали мероприятия нового директора, направленные на улучшение деятельности научного учреждения. После нескольких лет перерыва они получили возможность заниматься исследованиями по своим специальностям. С их мнениями как в научных, так и в научно-организационных делах стали считаться.

Улучшение финансового положения позволило Академии сравнительно быстро пополнить число академиков и адъюнктов, причем более прочное положение стали занимать отечественные ученые. Они активно включаются в научные исследования, выступают популяризаторами научных достижений, участвуют в научно-организационной работе. Из адъюнктов в ранг академиков были переведены астроном П. Б. Иноходцев, математик Н. И. Фус, химик И. И. Георги. В последующие годы Академия пополнилась такими талантливыми учеными, как Я. Д. Захаров, В. М. Севергин, Н. Я. Озерецковский, А. К. Кононов, Т. Е. Ловиц, Ф. О. Черный и др.

Растет число членов-корреспондентов, работающих в разных городах России. Среди них писатель и переводчик М. И. Веревкин, метеоролог В. Лагус, историк В. В. Крестинин.

По инициативе Дашковой заметно увеличивается состав иностранных почетных

членов Петербургской академии наук. Ими стали ректор Эдинбургского университета историк У. Робертсон и английский химик Д. Блэк; известный американский ученый и политический деятель Б. Франклин; немецкие ученые — астроном И. Э. Боде, математик А. Г. Костнер и многие другие. Укрепляются научные контакты с Парижской академией наук, Лондонским королевским обществом, Берлинской академией, научными обществами Италии и т. д.

Заботясь о подготовке отечественных специалистов, Дашкова особое внимание обратила на упорядочение учебного дела в Академии наук, так как Петербургская академия, наряду с Московским университетом, являлась главным центром подготовки не только научных кадров, но и образованных людей для многих правительственных учреждений. Так, в марте 1784 г., когда возникла необходимость пополнить Комиссию для учреждения народных училищ «учеными людьми», Дашкова огласила указ императрицы, что такие люди могут быть приглашены либо из Академии наук, либо из Московского университета.

Дашкова налаживает деятельность Академической гимназии — главного источника пополнения самой Академии и государственных учреждений России. Она видит в гимназии полезнейшее для страны учебное заведение, «из которого, — по ее словам, — вышло уже великое число достойных людей, кои в разных государственных департаментах с отличием служат»<sup>15</sup>. Дашкова увеличивает ассигнования на содержание Академической гимназии, привлекает к преподаванию академиков и адъюнктов, устанавливает ежегодные выпускные экзамены для гимназистов в присутствии академиков. Отличившиеся гимназисты награждались книгами, а некоторые производились в студенты. Если к началу 1783 г. в Академической гимназии вместо положенных 50 учеников было около 30, то в 1786 г. их число достигло 80, а в 1794 г. — 112. В Архиве сохранилась ведомость, в которой с 1783 по 1793 г. указаны фамилии гимназистов, окончивших Академическую гимназию, и те учреждения, куда они определены на службу. Помимо самой Академии, это — Правительствующий Сенат, Комиссия по сочинению проекта нового уложения, Комиссия народных училищ, Иностранная коллегия и т. д. Немало гимназистов было выпущено во флот и в ар-

<sup>14</sup> Протоколы заседаний Конференции, т. III, с. 657, 658.

<sup>15</sup> Там же, т. IV, с. 219.

мию офицерами. На 7-й линии Васильевского острова для Академической гимназии был выстроен в 1793 г. четырехэтажный дом. В 1785 г. по распоряжению Дашковой четыре ученика гимназии были отправлены в одно из самых известных высших учебных заведений Европы последней трети XVIII в. — в Геттингенский университет — для продолжения образования. Среди них будущие академики — Я. Д. Захаров, В. М. Севергин, А. К. Кононов. Однако с уходом Дашковой с поста директора Академической гимназии постепенно пришла в упадок и в начале XIX в. была ликвидирована.

В годы директорства Дашковой активизируется деятельность ряда научных подразделений Петербургской академии.

Налаживается работа Географического департамента. Приводятся в порядок имевшиеся в наличии карты; новейшие карты выписываются из-за рубежа и из других учреждений страны. В 1785 г. Дашкова предложила Академии подготовить и опубликовать новую генеральную карту Российской империи, более совершенную, чем вышедшие до сих пор. Через год Географический департамент при участии многих ученых-путешественников, астрономов, математиков отпечатал с учетом нового административного деления государства «Новую карту Российской империи, разделенную на наместничества». При содействии Дашковой предпринимаются астрономические экспедиции с целью определения точных географических координат — экспедиция П. Б. Иноходцева на Север России, в Крым и на Украину во главе с Ф. О. Черным и др. Деятельность Географического департамента, как отмечала в 1793 г. Дашкова, способствовала тому, что «многих хороших карт уже выдано в публику»<sup>16</sup>.

Получив от правительства финансовую субсидию, Дашкова выделила значительную сумму на покупку участка для нового Ботанического сада Академии наук. В 1786 г. на набережной Фонтанки развернулось строительство новых каменных оранжерей. Дашкова сама руководила всеми работами.

Благодаря заботам директора, Физический кабинет Академии пополнился новейшими приборами и инструментами. Приобретались приборы при непосредственном участии ученых. Так, получив в июне 1783 г. предложение от почетного

## ОБЪЯВЛЕНИЕ

объ изданіи полнаго собранія сочиненій господина Ломоносова.

При Санктпетербургской Императорской Академіи Наукъ издательству полное собраніе сочиненій Михаила Васильевича Ломоносова въ четвертую долю августа въ четырехъ частяхъ, на заморской бной бумагѣ съ его портретомъ, принадлежащими фигурами и вычислениями.

*Содержаніе первой части :*

Жизни господина Ломоносова и сабуающія его сочиненія : Предисловіе о пользѣ книгъ царьковнхъ въ Россійской землѣ.

Письмо о правлахъ Россійскаго стихотворства.

Однъ дужковнхъ, коихъ числовъ 10.

Однъ показаннхъ, коихъ числовъ 20.

Разговоръ господина Ломоносова съ Англичаниномъ.

Однѣ четыре господина Ювана Бибиста Руссо, переведенная господиномъ Ломоносовымъ съ приобщеніемъ Французскаго подлинника.

Валдиги, коихъ числовъ 49.

Стихи на Кузнецка, Епиграммы и разныя другія сочиненія и письма, кои никогда еще издаными не были.

*Содержаніе второй части :*

ПЕТРЪ Великій, Героическая поэма, въ двухъ вѣсвахъ.

Тамира и Селимъ, трагедія.

Демифонтъ, трагедія.

Письмо о пользѣ стекла въ Его Высочайшему величеству Князю Иванову Шувалову.

Письмо на благополучное возвращеніе изъ Лифляндіи въ Его Величества Князю Григорію Григорьеву Орлову.

Стихи Его Величеству Графу Петру Николаевичу Шувалову.

Имяніи Его Величеству Графу Кирилу Григорьевичу Радолюгову.

Песни.

Слова подданныхъ и касательныя до наукъ, говоренныя въ Академическхъ собраніяхъ.

*Содержаніе третьей части :*

Минералогія.

Россійскіи Автописецъ.

Древняя Россійская Исторія.

*Содержаніе четвертой части :*

Россійская Грамматика.

Риторика.

\* \* \*

Первая часть выйдетъ изъ печати въ 1 му Генвара будущаго 1784 года, такъ же и послѣующія части въ скоромъ времени по мѣнѣ отпечатаныя, но нѣкоторые продаются не будущъ, а въ чинире имѣть по 12 рублей. Тѣмъ же, которые подлинныя и каждая часть по отпечатаніи отдаваться будетъ по 10 рублѣ, съ тѣмъ однакожъ, что въ деньги 12 рублей должно заплатить впередъ, во полученіи котораго и дастся билетъ, по которому будетъ каждая часть отпускатся тотчасъ по отпечатаніи; о себѣ всегда будетъ объявлено въ Вѣдомостяхъ.

) о (

Объявление об издании первого полного собрания сочинений М. В. Ломоносова, выпущенного по инициативе Е. Р. Дашковой.

члена Петербургской академии англичанина Д. Г. Магеллана приобрести за 700 гиней зажигательное стекло необыкновенной величины, изготовленное в Лондоне, Дашкова обратилась за советом к членам Академии. Но ученые отказались от покупки этого инструмента не только из-за чрезмерно высокой цены, но и потому, что Академия имела превосходное зажигательное стекло работы Э. В. Чирнгаузена, в то время как в Физическом кабинете

<sup>16</sup> ЦГАДА, ф. 199, оп. 2, ед. хр. 421, д. 1, л. 2 об.

отсутствовали приборы, необходимые для проведения физических опытов. Физический кабинет в 80-е годы получил новое более просторное помещение, что заметно улучшило работу ученых.

Кабинет натуральной истории пополнился интересными коллекциями, как отечественными, так и зарубежными. Все это способствовало тому, что в начале XIX в. на базе кабинета натуральной истории было создано первоклассное научное учреждение — Минералогический музей Академии наук.

Дашкова была сторонницей развития просвещения в России и стремилась всеми доступными ей средствами знакомить широкие круги русского общества с новейшей западноевропейской литературой. По ее инициативе в составе Академии наук был учрежден «новый переводческий департамент для переложения на отечественный язык наш разных полезных книг с языков иностранных». Возглавил новый департамент академик А. П. Протасов.

Под постоянным вниманием Дашковой находилась Академическая библиотека. К моменту прихода в Академию новый директор обнаружил, что Библиотека «находилась в совершенном беспорядке» — старые книги отдавались на сторону и не возвращались, а новые не поступали. По поручению Дашковой академиком и адъюнктам было предложено составить списки книг и периодических изданий, которыми необходимо, по их мнению, пополнить Академическую библиотеку. В феврале 1783 г. она добилась от Екатерины II указа, согласно которому все типографии Российской империи должны высылать в Академическую библиотеку один экземпляр любого печатного издания.

Уже с середины XVIII в. Петербургская академия наук испытывала острый недостаток в служебных помещениях. Еще в 1759—1760 гг. М. В. Ломоносов выдвинул проект возведения академического центра на Стрелке Васильевского острова, который за отсутствием средств не был осуществлен. При директорстве Дашковой примерно на том же месте, где Ломоносов предлагал создать Академический городок, началось строительство нескольких новых зданий для Академии. Одно из них, возведенное по проекту архитектора Д. Кваренги, — новое монументальное здание на набережной Невы (ныне Университетская набережная, 5) — стало одной из лучших построек Петербурга последней четверти XVIII в. Дашкова позаботилась и о внутреннем оформлении нового помещения. В Кон-

ференц-зал по ее предложению был перенесен из Академической библиотеки портрет Д. Бернулли; здесь же она решила поместить портрет Ломоносова, который «заслужил эту честь как первый из народа, отличившийся в науках». По ее указанию живописец Л. С. Миропольский изготовил «копию подлинного портрета господина статского советника Ломоносова, который является собственностью семьи этого любимого отечественного гения»<sup>17</sup>. В присутствии Дашковой в Конференц-зале был установлен бюст Л. Эйлера. Бюст был поставлен в центре зала напротив кресла президента Академии; присутствуя на этой церемонии, Дашкова сказала: «Академия может гордиться, что имела в своем составе человека, столь великого в науках»<sup>18</sup>.

При директорстве Дашковой развернулась широкая пропаганда научных знаний. В Академии стали регулярно проводиться публичные заседания, на которые приглашалось большое число слушателей — высокопоставленным лицам рассылались билеты, другие оповещались через «Санкт-петербургские ведомости». Дашкова следила за тем, чтобы темы выступлений были интересны и доступны широкому кругу слушателей. Так, готовя публичное заседание, назначенное на март 1783 г., она обратилась к академику И. И. Лепехину с просьбой популярно изложить свою речь о применении отечественных лекарственных трав и замене ими лекарств, выписываемых из-за границы.

По ее инициативе возрождается давняя академическая традиция — чтение публичных лекций на русском языке. Тем самым заметно расширился круг слушателей. Лекции по физике, математике, химии, минералогии посещали не только ученики Академической гимназии, студенты, но и многие посторонние слушатели. Опираясь на поддержку отечественных ученых, Дашкова прилагала немало усилий к утверждению в науке русского языка, в то время как в придворных кругах России общепринятым становился французский язык. Внедрение отечественного языка в науку она считала «тем паче полезным, что наши науки перенесутся на наш язык и просвещение распространится»<sup>19</sup>. С пуб-

<sup>17</sup> Nova acta Academiae Scientiarum Petropolitanae, 1789, т. V, с. 8—9.

<sup>18</sup> Протоколы заседаний Конференции, т. III, с. 792.

<sup>19</sup> ЦГАДА, ф. 17, оп. Госархив, ед. хр. 35, л. 11.



личными лекциями выступали такие видные русские ученые, как С. К. Котельников, Н. П. Соколов, Я. Д. Захаров, Н. Я. Озерецковский, В. М. Севергин.

Дашкова понимала, что авторитет отечественных ученых в значительной степени зависит от своевременной публикации их научных достижений. Она прилагает немало усилий, чтобы наладить регулярное издание научного журнала Петербургской академии наук. В 1786 г. она принимает предложение Н. И. Фуса об издании новой серии трудов Академии — «*Nova acta Academiae Scientiarum Petropolitanae*». Журнал рассылался в академии и научные общества многих стран мира и способствовал подъему престижа русских ученых. Первый том новой серии вышел в 1787 г. Во время директорства Дашковой в Академии наук издавался научно-популярный журнал «Новые ежемесячные сочинения», который пользовался большим успехом у читателей. По поручению Дашковой в 1787 г. стал переводиться на русский язык многотомный труд выдающегося французского естествоиспытателя XVIII в. Ж. Бюффона — «Всеобщая и частная естественная история». Через два года был напечатан первый том. В 80—90-е годы на русском языке были изданы географические труды И. И. Лепехина, С. Гмелина, П. Палласа, В. Ф. Зуева и др. Предметом особого внимания Дашковой было издание весьма популярных в то время «Календарей», которые печатались на русском и немецком языках. «Календари» рассылались во многие города России, продажа их приносила немалый доход Академии. До 1783 г. их тираж составлял 11 тыс. экземпляров, при Дашковой он увеличился до 26 тыс. Особенно важно, что Дашкова привлекла к составлению «Календарей» многих академиков, которые помещали в них свои научно-популярные статьи, а также вносили туда свои поправки и замечания.

В 1783 г. Е. Р. Дашкова основала литературный журнал «Собеседник любителей российского слова», в котором печатались оригинальные сочинения на русском языке. Главной задачей этого журнала являлось ознакомление русского общества с отечественной литературой. Вокруг «Собеседника» Дашкова объединила небольшой кружок русских ученых и литераторов, которые составили основной костяк Российской академии. Несмотря на то, что эта Академия была независима от Петербургской академии наук, ее с момента основания, с 1783 г., до 1796 г. возглавляла Дашкова.

Широкий размах издательского дела в Петербургской академии наук в 80—90-е годы стал возможен потому, что директору удалось наладить работу Академической типографии. При ней значительно увеличивается число печатных станков, обновляются шрифты, из академических воспитанников и учеников готовятся наборщики и печатники, налаживается учет расходования типографских материалов, бумаги и т. д.

Забывая о престиже высшего научного учреждения страны, Дашкова надеется оставить после себя историю Петербургской академии. По этому поводу она ведет переписку с одним из старейших академиков, историком Г. Ф. Миллером. Несмотря на преклонный возраст, Миллер согласился взяться по просьбе Дашковой за эту почетную и ответственную работу. Однако намерение Дашковой в силу ряда обстоятельств осталось неосуществленным.

Научно-организационная деятельность Дашковой на посту директора Петербургской академии наук была отмечена некоторыми научными иностранными корпорациями. В 1784 г. Лондонское королевское общество наградило Дашкову золотой медалью, выбитой в честь знаменитого мореплавателя капитана Дж. Кука. По предложению Б. Франклина в 1789 г. она была избрана почетным членом Американского философского общества в Филадельфии. Через два года в апреле 1791 г. она стала почетным членом Ирландской академии в Дублине.

Последние годы XVIII в. в России прошли под знаком жестокой реакции. Правительство Екатерины II, напуганное революционными событиями во Франции, ростом крестьянского движения в стране, резко усилило контроль за деятельностью многих государственных учреждений, в том числе и за Петербургской академией наук. Дашкова при создавшихся обстоятельствах с точки зрения императрицы оказалась неподходящим руководителем высшего научного центра государства. Уже в 1794 г. Дашкова получила двухлетний отпуск и почти отошла от руководства Академией. А в 1796 г. после смерти Екатерины II и вступления на престол Павла I она была отстранена от должности директора.

Но возвращаясь памятью к времени руководства Дашковой Петербургской академией, нельзя не признать, что эти годы представляют интересную страницу в истории Академии, являясь наиболее благоприятным периодом научной и научно-организационной жизни XVIII в.

## Генезис рудных месторождений — основа их поисков



Сегодня на поверхности земного шара, наверное, нет ни одного сколько-нибудь крупного рудного месторождения, неизвестного геологам. Все они скрыты в глубинах планеты. Поэтому успешные поиски новых месторождений возможны лишь при условии постоянного совершенствования теории рудообразования, а также тщательном исследовании известных рудных месторождений и, в первую очередь, особенностей их генезиса.

Для осуществления международного сотрудничества в области генезиса рудных место-

рождений около 20 лет назад был создан коллегальный орган — Международная ассоциация по генезису рудных месторождений (МАГРМ). С 6 по 12 сентября 1982 г. в Тбилиси проходил VI симпозиум МАГРМ, на который съехались представители 34 стран. Наш корреспондент Л. Д. Майорова обратилась к советским и зарубежным участникам симпозиума, виднейшим специалистам в области теории рудообразования и геологии рудных месторождений, с просьбой рассказать о последних достижениях.

**Корреспондент.** Что нового появилось в науке о рудных месторождениях за последние годы?

**В. И. Смирнов.** На мой взгляд, следует отметить три очень важных достижения. Сначала о первом. Установлено, что рудные месторождения неравномерно распределены по поверхности Земли. Исследование такого «пятнистого» распределения показало, что оно связано с особыми условиями геологического развития отдельных участков земной коры. Поскольку рудные месторождения являются производными вещества, восходящего из недр к поверхности, то выделяются месторождения, связанные с глубинными частями земной коры и с частями, которые относятся к верхней мантии.

Таким образом, повышенная концентрация рудных месторождений на поверхности земного шара определяется особыми геологическими условиями развития отдельных участков земной коры. Эти особые условия сводятся, если гово-

рить кратко, к очень интенсивному геологическому развитию определенных участков земной коры. Следовательно, выделяются области сравнительно пассивного и очень активного геологического развития. В последних и сосредоточена главная масса месторождений. Итак, распределение месторождений на поверхности земного шара обусловлено особенностями геологической истории крупных блоков земной коры и подстилающих их участков верхней мантии. Это первое достижение в области изучения рудных месторождений.

Второе достижение связано с развитием геохронологии. Рудные месторождения формировались на всем протяжении истории геологического развития земной коры, которая насчитывает около 4 млрд лет. Исследование закономерностей эволюции земной коры показало, что можно выделить 11 важнейших эпох, чередование которых определило направленность развития, его цикличность и необратимость. Причем в пределах каждой такой эпо-

хи выделяются ее начальная и заключительная стадии. В начальной стадии формируется группа месторождений, связанных с базальтоидами, в заключительной — месторождения, связанные с гранитами. Например, с базальтоидами связаны месторождения железа, титана, хрома, алмазов; с гранитами — цветные металлы, ртуть, олово, литий, бериллий, торий, уран. Отсюда следует, что в истории геологического развития намечается серия эпох формирования месторождений, и знание этих эпох позволяет установить, в пределах формаций какого возраста те или иные месторождения могут находиться. Таким образом, мы можем анализировать условия формирования месторождений не только в пространстве, но и во времени. И так же, как в истории человеческого общества можно проследить эволюцию человеческих взаимоотношений, так и в геологической истории можно проследить эволюцию типов месторождений от ранних к заключительным стадиям развития земной коры.



Владимир Иванович Смирнов, академик, заведующий кафедрой полезных ископаемых геологического факультета Московского государственного университета, председатель Научного совета по рудообразованию, вице-президент Международного союза геологических наук. Лауреат Ленинской премии.

Третье достижение связано с анализом вариаций изотопов рудообразующих элементов. Соотношение изотопов элементов, входящих в состав рудообразующих минералов, меняется в зависимости от времени и условий формирования месторождения. Следовательно, при решении вопроса генезиса того или иного месторождения данное соотношение может стать одним из главных критериев. Чрезвычайно важно также определить источник рудного вещества, слагающего месторождение. Знание источника вещества позволяет выявить условия образования месторождения и тем самым определить его размеры, глубину залегания, состав, изменение состава с глубиной и т. д. И в этом случае, так же как и при решении вопроса генезиса, нам на помощь приходят вариации изотопов рудообразующих элементов. Особенно важно исследование изотопного состава таких элементов, как кислород, водород и углерод. Соотношение изотопов этих элементов меняется в зависимости от условий образования. Таким образом, работы по изучению изотопного состава рудообразующих элементов подводят геохимическую базу под вопрос оценки генезиса месторождений.

**Корреспондент.** Как только что отметил В. И. Смирнов, для понимания условий формирования того или иного месторождения чрезвычайно важно знать источник слагающего его рудного вещества. Какие представления об источниках существуют в настоящее время?

**Р. Бойл.** Специалисты обычно упоминают четыре возможных источника рудного вещества. Первый источник — глубинный, находящийся под мантией. Этот источник стали признавать лишь 20—25 лет назад. С ним связывают большинство сульфидных рудных месторождений. Считается, что из глубинных сфер материал поставлялся в виде расплава, раствора или в газообразной форме. Вещество поступало в земную кору по обширным разломам и там осаждалось.

Второй источник — мантийный. Он признавался и признается главным источником рудогенных элементов (свинца, меди, цинка и др.), которые обособились в результате неизвестных нам процессов дифференциации вещества в глубинах мантии. Оттуда рудный материал поднимался по глубинным разломам и системе трещин. Он пропитывал породы на пути своего подъема (тут могли быть расплавы, растворы, газы). По мере подъема они охлаждались, и материал осаждался в земной коре.

Самый важный из всех источников — коровый. Возможны следующие механизмы его реализации: во-первых, гранитизация, во-вторых, метаморфизм и выделение метаморфических флюидов, в-третьих, процессы выветривания пород на поверхности. Гранитизация охватывает большие толщи осадков и вулканических пород. В процессе гранитизации могут действовать магматические расплавы и гидротермальные флюиды, а во всех остальных случаях — газы. Все эти флюиды и газы могут подниматься по разломам и трещинам, и могут диффундировать сквозь породу. Поднимаясь, они охлаждаются и отлагают материал в соответствующих структурах. Дифференциация гранитных магм порождает все конечные продук-



Роберт Бойл, научный сотрудник Геологического управления Канады, преподаватель Карлтонского университета (Оттава), член Королевского общества Канады. Вице-президент Международной ассоциации по генезису рудных месторождений.

ты дифференциации гидротермальных и газовых выделений, т. е. производит рудные тела. Эти флюиды осуществляют выщелачивание материала и его перемещение. Второй механизм — выделение метаморфических флюидов. Во время широкого (регионального) метаморфизма толщ осадочных и вулканических пород эти флюиды, состоящие в основном из воды, углекислоты, соединений бора и серы и т. д., могут быть жидкими, но вероятнее всего, это надкритические флюиды, которые переносят рудный материал путем диффузии или по трещинам до самых верхних частей земной коры. Третий механизм — выветривание. Он обязан воздействию метеорных вод, которые разрушают породу, выносят и отлагают элементы или их соединения. Многие из рудных тел, порожденных процессами выветривания, имеют простейшую форму.

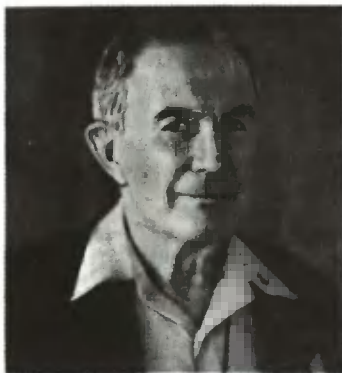
Наряду с тремя уже упомянутыми типами источников рудного вещества существует четвертый тип — космический, когда источником рудного вещества послужили крупные метеориты. Как пример некоторые исследователи называют месторождения Садбери в Канаде и Норильска в СССР. Это самый дискуссионный тип источников.

**Корреспондент.** Одним из основных в теории рудообразования был и остается вопрос, каким образом рудное вещество попало в месторождение. Какие новые представления о возможном механизме его переноса возникли за последнее время?

**Дж. Ридж.** Единственный способ изучить месторождение — это изучить его минералы, взаимоотношения с окружающими породами, изменения в этих породах. Из всех минеральных взаимоотношений можно получить представление о температуре и давлении, при которых возникло рудное тело. Следовательно, изучив большое число месторождений, мы можем сказать, что одни возникли при более высоких температуре (Т) и давлении (Р), а другие — при более низких. Итак, обладая всей совокупностью информации о месторождениях, мы можем все их уложить в единую схему Т—Р-образования. Но остается большая проблема — как рудное вещество попало в те места, где мы находим его сейчас, каковы механизмы переноса. Обычно рудные месторождения образуются из растворов или расплавов. Магматические расплавы более или менее изучены, гидротермальные же растворы мы знаем гораздо слабее.

Долгое время думали, что все без исключения растворы продуцирует магма, но сейчас более вероятным представляется, что многие растворы образовались без связи с магмой (исключая ее температурное влияние). Проникая глубоко в недра, метеорные воды нагреваются, становятся легче и взаимодействуют с породами, сначала растворяя вещества, а затем отлагая их. Раствор при движении вверх меняет свой состав, так как вещества в него поступают, вещества из него отлагаются..., и в результате у поверхности раствор оказывается совсем другим. Другим по составу, температуре, давлению. Очень важно, что делается с раствором по мере движения к поверхности и рассеяния у поверхности и в море.

Остановлюсь подробнее на сульфидных минералах. Первоначально думали, что они об-



Джон Ридж, профессор геологии Флоридского университета (США), профессор экономической геологии Университета штата Пенсильвания (США). Член комитета Международной ассоциации по генезису рудных месторождений.

разуются из вещества гидротермальных флюидов, т. е. металл и сера транспортируются вместе. Затем стало ясно, что сульфидный комплекс недостаточно растворим при тех рН, которые мы имеем, чтобы перенести значительное количество металла. Тогда предположили, что металлы переносятся в виде комплексов с хлором, затем встречаются с серой и отлагаются в виде сульфидов. Но эта гипотеза слишком полагается на случайное совпадение путей хлоридов и серы. Если же их пути разойдутся, растворы должны осадить хлориды, а этого нет в действительности. Поэтому совсем недавно возникло предположение, что хлориды меди и окислы серы могут переноситься в одном растворе. По мере снижения температуры и давления эти окислы серы могут одновременно восстанавливаться и окисляться, и в результате появляются сульфиды, в которых ион серы двухвалентен. Вся эта схема недостаточно подтверждена, но в ее пользу говорит тот факт, что металлы и сера тесно связаны. По-видимому, сера и окисляется, и восстанавливается. Неудивительно, что мы находим в месторождениях так много сульфидов. И все же неясно, может ли одновременно идти окисление и восстановление — ответ остается за экспериментаторами.

**Корреспондент.** За последние годы заметно вырос удельный вес экспериментальных исследований в геологии. Как Вы оцениваете роль экспериментаторов в изучении процессов рудообразования?

**В. А. Жариков.** Геологические процессы образования месторождения являются одновременно и физико-химическими процессами. Специфика состоит в том, что многие из них протекали сотни миллионов лет назад и вся информация о параметрах этих процессов закодирована в особенностях состава, свойства, строения минеральных агрегатов. Отмечу несколько новых тенденций в экспериментальном моделировании процессов формирования рудных месторождений.

Чрезвычайно перспективным представляется изучение гидротермальных рудных систем при высоких температурах и давлениях. Здесь осуществляются два подхода. Один экспериментальный, но как бы эмпирический, когда для определенного типа процессов, изменяя условия, мы ищем конкретные формы переноса рудных компонентов, условия их миграции и осаждения. Другой подход более общий, когда мы пытаемся в экспериментальных условиях, используя математическое моделирование, реконструировать гидротермальный модельный флюид, который является как бы прототипом месторождений, каждый раз проявляясь в каких-то своих частностях. Этот подход признается в последнее время более перспективным.

Другое новое направление, которое хотелось бы отметить, — это изучение процессов движения гидротерм. По существу, мы не располагаем никакими данными, которые могли бы быть взяты из природных явлений, о том, как осуществляется проникновение растворов, какова роль конвективных и диффузионных процессов и т. д. И серия докладов, прозвучавших на симпозиуме, дает возможность подойти к количественной характеристике различных сторон переноса и проницаемости геологической среды для этих растворов.





Вилен Андреевич Жариков, член-корреспондент АН СССР, директор Института экспериментальной минералогии АН СССР, заместитель академика-секретаря Отделения геологии, геохимии и геофизики АН СССР, заведующий кафедрой геохимии геологического факультета Московского государственного университета, председатель комиссии по экспериментальной петрологии Международного союза геологических наук.

дения рудных компонентов скарновых месторождений. Второй большой успех связан с экспериментальным изучением канадскими геологами различных аспектов формирования магматогенных сульфидно-никелевых месторождений.

Мы рады, что Международная ассоциация по генезису рудных месторождений пригласила экспериментаторов участвовать в работе сессии. Это позволит донести результаты экспериментальных исследований до геологов-практиков и поможет им искать месторождения не ощупью, как играют «горячо — холодно», а с открытыми глазами.

**Корреспондент.** В последние годы все чаще звучит тревога по поводу возможного истощения энергетических и сырьевых ресурсов Земли. Разделяете ли Вы эти опасения?

**Н. П. Лавров.** Вопрос об истощаемости запасов того или иного вида полезных ископаемых в недрах Земли следует рассматривать в историческом, ретроспективном плане. В начале этого века высказывались предположения, что разведанные запасы железных руд могут обеспечить развитие промышленности на 15—20 лет. Но прошло 80 лет, однако запасы железных руд не только не были исчерпаны, а возросли. Тенденция опережающего роста разведанных запасов по сравнению с темпами извлечения полезных ископаемых из недр характерна почти для всех видов минерального сырья. Темпы освоения полезных ископаемых в последние 20 лет были значительно более высокими, чем в предыдущие десятилетия. Но и за это время количество разведанных запасов полезных ископаемых не уменьшилось, а возросло, несмотря на гигантский объем их отработки. Например, в настоящее время только в нашей стране ежегодно добывается из недр не менее 10 млрд т различных видов рудных и нерудных полезных ископаемых: черных и цветных металлов, агрохимического сырья, строительных материалов, подземных вод,



Николай Павлович Лавров, член-корреспондент АН СССР, начальник управления научно-исследовательских организаций Министерства геологии СССР, член коллегии Министерства геологии СССР. Главный редактор журнала «Советская геология».

углей, углеводородов и т. д. Масштабы использования полезных ископаемых, которых человечество достигло в настоящее время, поражают воображение. Однако геологическая наука и практика развиваются таким образом, что на смену выбывающим типам месторождений появляются принципиально новые, перспективные для освоения.

Так, в близкой мне области — геологии урановых месторождений — в начале 40-х годов в мире были известны только два промышленных типа месторождений урана. Эти месторождения, по сути дела, и дали сырье для производства атомной энергии, в том числе использованное при создании страшного оружия современности — атомной бомбы. Однако уже в послевоенные годы в промышленное освоение были вовлечены еще два или даже три важных типа месторождений, содержащих уран. А в последние годы, буквально за предыдущее десятилетие, были разведаны такие источники атомного сырья, которые даже специалистам ранее не представлялись возможными. В первую очередь, я имею в виду своеобразные месторождения в древних корях выветривания Австралии и Канады, которые кроме

урана содержат значительные количества меди, золота, никеля, кобальта и других полезных компонентов, не характерных для урановых месторождений традиционных типов. В этих месторождениях только в Австралии заключено более 30 тыс. т урана. В эти же годы стали известны своеобразные месторождения урана, образованные в условиях жаркого климата подземными водами в погруженных руслах рек (так называемые месторождения в калькретах). Крупные запасы урана этого типа выявлены в настоящее время в Западной Австралии и в Африке. Несомненно, они будут выявляться в дальнейшем и в других районах.

Уникальные по запасам месторождения урана разведаны в Северной и Южной Америке в чехле платформенных отложений, примыкающих к складчатым областям (в особенности к современным). Внутри осадочных бассейнов выявлены так называемые инфильтрационные концентрации урана, приуроченные к геохимическим барьерам в проницаемых горизонтах. Поскольку данные месторождения не имеют выхода на поверхность, их поиски ведутся на хорошо разработанной георетической основе. Геологи выявляют урановый геохимический барьер и затем вблизи его бурят скважины. Эти месторождения представляют собой лентообразные залежи с весьма крупными запасами урановых руд. Они стали важнейшим источником урана в мире. Знаменательно также, что если месторождения урана других типов разрабатывали подземным способом, то месторождения в осадочном чехле можно разрабатывать методом подземного выщелачивания без непосредственного контакта человека с урановой рудой.

Таким образом, на примере урана видно, что в этом веке и в дальнейшем несомненно будут открыты новые источники минерального сырья. Следовательно, вопрос о возможном полном исчерпании минеральных ресурсов не совсем корректен. Человечество несомненно будет находить новые источники минерального сырья, хотя в отдельных слу-

чаях и более сложного по технологии разработки.

Геологи никогда не сдерживали развитие промышленности, и я думаю, что можно с оптимизмом смотреть в будущее. Вся история создания и развития горнодобывающих отраслей промышленности показывает большие возможности недр. Но к великому сожалению, теории образования месторождений пока еще не очень совершенны, и замечание крупнейшего специалиста по геологии рудных месторождений академика С. С. Смирнова о том, что геолог при поисках новых рудных объектов должен держать свой ум свободным, остается в силе и в настоящее время.

**Корреспондент.** По какому пути должна идти дальнейшая разработка методов прогноза при поисках месторождений?

**Д. В. Рундквист.** В наши дни геологи-металлогенезисты научились предсказывать, какой тип месторождений наиболее вероятен в любой конкретной геологической обстановке. Вместе с тем, определить возможные масштабы оруденения, качество руд значительно сложнее. Следовательно, самым актуальным на сегодняшний день направлением прогнозных исследований остается разработка методики количественного прогноза. Несомненно, что предсказание масштаба месторождения следует считать вопросом номер один. При этом я имею в виду как месторождения непосредственно выходящие на поверхность, так и глубоко залегающие.

Второе направление, и оно представляется не менее важным, — это локализация прогнозных площадей, т. е. выделение на карте той минимальной площади, где присутствие месторождения наиболее вероятно. Третье направление, без которого, пожалуй, невозможен прогресс в прогнозных исследованиях, связано с разработкой автоматизированной системы прогнозирования месторождений. Данное направление основано на введении в ЭВМ двух массивов информации: сведений по геологии дан-



Дмитрий Васильевич Рундквист, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора Всесоюзного геологического института Министерства геологии СССР. Главный редактор журнала «Записки Всесоюзного минералогического общества». Заслуженный геолог РСФСР.

ного района (составу пород, их возрасту, структуре и т. д.) и аналогичных сведений по хорошо изученным районам, для которых уже выявлены закономерности размещения и формирования месторождений.

Мы имеем вполне реальные предпосылки для развития этих новых направлений прогнозных исследований. Так, накопленный опыт позволяет безошибочно выявлять связь между типом руд и породами определенного состава (точнее, определенного формационного комплекса). Кроме того, разработана классификация месторождений по типам; причем, для одного и того же металла одни типы образуют исключительно крупные месторождения, другие — всегда мелкие. И наконец, выявлены устойчивая зависимость между распределением крупных, мелких и средних месторождений, а также постоянное соотношение запасов этих месторождений.

Но возникли непредвиденные трудности. Во-первых, предварительные расчеты показали, что статистический подход совершенно неприменим к месторождениям уникальным и крупнейшим по запасам, поскольку они обладают специфическими особенностями состава и закономерностями раз-



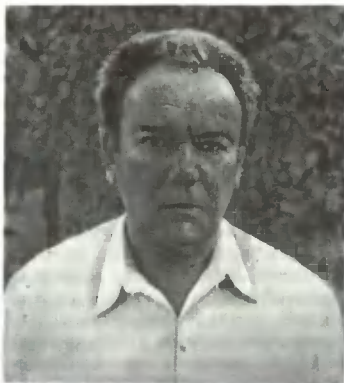
мещения. А ведь именно эти месторождения содержат львиную долю мировых запасов руд. Во-вторых, статистическим путем невозможно подойти к прогнозированию новых типов месторождений. Вместе с тем вся история развития экономики, как справедливо заметил Н. П. Лавров — это выявление и освоение новых типов месторождений. Обе эти трудности, на первый взгляд, непреодолимы. Но уже сейчас выяснено, что многие уникальные и крупные месторождения отличаются необычным набором изотопов и элементов-примесей, уникальными особенностями минерального состава, т. е. эти месторождения имеют свое неповторимое лицо.

Что же касается предсказания новых типов месторождений, то и здесь намечено несколько перспективных путей. Особенно интересными представляются результаты геохимических исследований, позволяющих проследить, как тот или иной элемент входит в различные минералы и горные породы, и таким образом обнаружить многократный круговорот этого элемента с повторной мобилизацией рудного вещества, его концентрацией и перераспределением. При таком анализе выясняется, что возможны новые и весьма перспективные типы рудных месторождений.

**Корреспондент.** Как идеи новой глобальной тектоники влияют на выяснение закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых?

**Г. А. Твалчрелидзе.** Из идеи мобилизма, которая охватила все области геологии, в геотектонике родилась новая научная концепция — тектоника литосферных плит. Если эта концепция объясняла многие геодинамические явления, особенно в океанах, то первые попытки объяснить с ее помощью происхождение полезных ископаемых, начиная с железа, меди, свинца, цинка, золота и включая даже нефть и газ, оказались недостаточно обоснованными.

Но со временем, уже на базе трансформированных мо-



Георгий Александрович Твалчрелидзе, академик Академии наук Грузинской ССР, директор Геологического института АН Грузинской ССР.

билистских представлений появилась новая научная основа для построения металлогенических гипотез. В частности, стало ясно, что с различными структурами, которые возникают в процессе превращения океанической земной коры в мощную сложно построенную континентальную, связаны многочисленные месторождения различных металлов, в том числе и редких (олова, вольфрама, молибдена и др.).

Совершенно другие структуры, другой магматизм и другие полезные ископаемые появляются при обратном процессе, при процессе деструктивизма, когда в результате разрушения континентальной коры рождается океаническая. Именно этот процесс, при котором возникают континентальные рифты и вообще рифтогенные структуры, и ведет к образованию больших и уникальных по размерам месторождений железа, никеля, молибдена, золота, кобальта, меди, свинца, цинка. Эти громадные месторождения, которые встречаются почти на всех континентах, и определяют главное богатство недр минеральными ресурсами. Можно сказать, что новые мобилистские идеи, будь то концепция тектоники плит, тектонической расчлененности литосферы, или концепция расширяющейся Земли, оказывают плодотворное влия-

ние на развитие науки о полезных ископаемых, и в частности металлогении, которая занимается выяснением условий их образования и закономерностей размещения. Идеи мобилизма полезны, поскольку позволяют с совершенно новых позиций подойти к оценке перспектив различных рудных районов.

**Корреспондент.** Какие работы болгарских геологов, а также геологов других социалистических стран можно отметить как достижения в науке о рудных месторождениях? Каковы результаты совместных работ?

**М. Желязкова-Понайотова.** После второй мировой войны в Болгарии, да и в других социалистических странах, ощущалась острая нехватка геологических кадров, и серьезную помощь в подготовке специалистов нам оказал Советский Союз. Вторым университетом для геологов Болгарии стали совместные работы геологов социалистических стран на территории той или иной страны — комплексные экспедиции, которые начали организовываться в 50-е годы. Итак, сначала — подготовка кадров, затем — тесное сотрудничество в научно-исследовательской деятельности.

В качестве примера таких совместных работ можно назвать исследования по проблеме становления геосинклиналей в земной коре. Другой пример — исследование геологии, металлогении, магматизма и тектоники Балкано-Карпатской системы. В этой работе участвовали геологи почти всех социалистических стран. В результате создана геологическая карта, ставшая основой для последующих работ по конкретным направлениям.

В области теории рудообразования наибольшим успехом можно считать совместные работы по выяснению закономерностей формирования и размещения месторождений, связанных с вулканизмом. Выделены вулканогенно-гидротермальные и вулканогенно-осадочные месторождения, даны конкретные рекомендации для

поисков месторождений того и другого типов.

Большие усилия геологи социалистических стран направляют на поиски новых видов сырья, отвечающих современным потребностям и техническим возможностям. Так, геологи Советского Союза добились больших успехов в освоении нефелин-апатитового сырья и его безотходном использовании. Достижения геологов других социалистических стран связаны с освоением крупных по объему, но бедных месторождений вторичных кварцитов, а также важнейшего сельскохозяйственного сырья — цеолитовых пород. В настоящее время для горнорудной практики характерна ориентация на разработку месторождений больших по объему, но с низкими концентрациями полезного компонента. Эта тенденция хорошо видна на примере медных месторождений. Перспективными представляются и породы с полярным составом, где преобладают один, два, максимум три компонента. Например, в нашей стране проводились работы с ультрабазитами — породами, почти на 50% состоящими из магния. Научные результаты — самые обнадеживающие, хотя имеются трудности технического плана. Тем не менее совершенно очевидно, что ультрабазиты — сырье недалекого будущего. Так что идеи А. Е. Ферсмана

о безотходном использовании самой породы близки к реализации. Человечество сможет черпать из породы все, что ему необходимо.

Итак, поиски нового сырья — одно из важнейших направлений совместных работ геологов социалистических стран. При этом не следует забывать, что новые типы сырья «идут из науки».

Отмечу также успешные работы по отдельным направлениям. Так, чехословацкие геологи добились серьезных результатов в изучении оруденитов, связанного с гранитным магматизмом. Несомненны успехи геологов ГДР в теории рудообразования. Доклады на симпозиуме показали высокий уровень работ геологов социалистических стран в самых разных направлениях, а в некоторых областях их приоритет просто неоспорим. В первую очередь, это касается изучения физико-химических условий рудообразования.

**Корреспондент.** Какие новые идеи появились за последнее время в области изучения марганцеворудного процесса?

**С. Рой.** Попытаюсь рассказать об основных достижениях, связанных с изучением генезиса рудных месторождений. Месторождения марганца известны как на суше, так и на море, однако большинство работ последних лет посвящено морским залежам марганца. Вызвано это, очевидно, тем, что каждый год в море образуется более 1 млн т марганцевых конкреций, т. е. по запасам больше, чем многие марганцевые месторождения на суше. Мы в своих работах стараемся объединить все данные, получаемые при изучении современных морских бассейнов, с результатами детальных исследований более древних месторождений на суше. Только такой подход позволяет, на наш взгляд, полнее разобратся в проблеме генезиса марганцеворудных месторождений.

Существуют три точки зрения на происхождение марганцевых конкреций и корок. Первая — так называемая гидротермальная гипотеза, объединяю-



Суприя Рой, действительный член Академии наук Индии, профессор геологического факультета Джедофпурского университета (Калькутта). Вице-президент комиссии по марганцу Международной ассоциации по генезису рудных месторождений. Глава проекта № 111 «Генезис марганцеворудных месторождений» Международной программы геологической корреляции.

щая биологическое и химическое осаждение марганца. Вторая — она сейчас наиболее популярна — диагенетическая концепция, объясняющая образование месторождения концентрированием марганца в процессе преобразования осадка в осадочную породу. Третья гипотеза заключается в том, что марганцевые отложения являются продуктами гидротермальной деятельности и локализируются близ океанических хребтов. Все три гипотезы, видимо, правочны, но в каждом конкретном случае преобладает одна из них.

В древних отложениях на суше мы встречаем примерно такие же, как и в морских отложениях, соотношения между содержанием марганца в рудах и окружающих их породах, те же формы нахождения марганца и т. д. Иными словами, древние отложения суши могут быть сопоставлены с современными морскими. Один из таких примеров ярко проявляется на севере Апеннинского п-ова, где на роговики, сланцы и другие породы, залегающие поверх базальтов, наслаиваются сульфидные и марганцевые корки. Это типичные для окраины океана соотношения пород, возникающие при надвигании



Мария Желязкова-Понайотова, профессор, заведующая кафедрой полезных ископаемых Софийского университета (Болгария), президент Геологического общества Болгарии.

океанической коры на континентальную. Такого же типа образования встречаются и в других местах. В частности, они обнаружены на Кипре и в Пакистане. Образование иного типа можно найти на о-ве Тимор, где окаменевшие древние конкреции залегают в океанических красных глинах того же типа, что и в Альпийском регионе, а также в тех областях, где раньше был древний океан Тетис.

Подобным образом мы можем сопоставить, с одной стороны, гидротермальные залежи марганца и ассоциирующей с ним металлов, которые часто встречаются в Японии в связи с горячими источниками, а с другой стороны, гидрогенные и диагенетические накопления того же возраста. Такой подход позволяет решить вопрос о соотношениях источников марганца и других металлов с осадочной обстановкой их аккумуляции. И можно надеяться, что в недалеком будущем появится единая гипотеза генезиса марганцевых руд.

**Корреспондент.** Какие достижения японских геологов, изучающих генезис рудных месторождений, Вы можете отметить?

**Т. Миязава.** В геологических исследованиях, проводимых в нашей стране, существенное место занимают изотоп-

ные методы анализа минералов и пород. Широко пользуются этими методами и специалисты по рудным месторождениям. Например, успешно ведутся работы по исследованию соотношения изотопов свинца в рудах. Изучается также соотношение изотопов стронция в изверженных горных породах, что позволяет судить о генезисе рудных залежей (типе минерализации, возможной связи с гранитным магматизмом и т. д.).

Благодаря применению стабильных изотопов водорода, углерода, кислорода и серы, значительные успехи достигнуты в изучении процессов образования пород и руд. В частности, с помощью детальных изотопных исследований выявлены основные физико-химические параметры формирования месторождений меди, свинца и цинка типа Куроко, а также показана важная роль морской воды и морских сульфатов в гидротермальном рудообразовании.

Среди других важных и перспективных работ следует упомянуть изучение фазовых равновесий синтезированных природных сульфидов меди, свинца, цинка; исследование флюидных включений в минералах; выявление связей между тектоникой плит и генезисом рудных месторождений.

**Корреспондент.** Вот уже третий год Вы возглавляете Международную ассоциацию по генезису рудных месторождений. Как Вы оцениваете итоги настоящего VI симпозиума?

**А. Д. Щеглов.** Наша Ассоциация, объединяющая геологов более 30 стран, пришла к своему VI симпозиуму, имея за плечами большие достижения в изучении рудных месторождений. Сейчас мы уже многое знаем о генезисе месторождений: как они зарождаются, как формируются. Именно это знание особенностей формирования месторождений непосредственно влияет на решение больших практических задач. И не случайно в рамках нашей Ассоциации создана новая рабочая группа, которая так и назы-



Алексей Дмитриевич Щеглов, член-корреспондент АН СССР, директор Дальневосточного геологического института ДВНЦ АН СССР, заместитель председателя Президиума Дальневосточного научного центра. Президент Международной ассоциации по генезису рудных месторождений. Лауреат Государственной премии СССР.

вается: «Генезис месторождений как основа их поисков». Именно это — главное, что объединяет геологов Ассоциации. Неудивительно, что среди участников нашего симпозиума присутствует много практических геологов, консультантов крупных компаний, которые видят, что наука о рудных месторождениях дает чрезвычайно много для правильного направления поисковых работ.

Подводя итоги девятилетней симпозиума, можно сказать, что очень интересны были широкие региональные доклады. Так, к вопросам региональных закономерностей размещения месторождений сейчас подошли американские ученые, в частности представители США. Советские ученые, которые раньше выступали по самым широким проблемам, блеснули докладами, где излагались результаты тонких детальных исследований рудного вещества на современном уровне, с применением электронной микроскопии, тонких химических методов, изотопного анализа и т. д. Иными словами, симпозиум дал новую, всесторонне интересную информацию о генезисе рудных месторождений.



Тошия Миязава, профессор геологии Кокучишканского университета (Япония).



## Эволюция квазаров

**В. Г. Сурдин,**  
кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

Москва

В 1963 г. астрономам удалось расшифровать необычные спектры слабых голубых «звездочек», совпадающих по положению на небе с некоторыми радиоисточниками. Помогло астрономам предположение, что эти «звездочки» стремительно, со скоростью в сотни тысяч километров в секунду удаляются от нас. Подобное удаление могло быть связано только с общим космологическим расширением Вселенной. Огромная скорость «звездочек», названных квази-звездными радиоисточниками, или квазарами, свидетельствовала о колоссальных расстояниях до них, достигающих многих миллиардов световых лет. Таким образом, в действительности квазары оказались самыми мощными источниками энергии во Вселенной.

Исследование фотоснимков квазаров показало, что их блеск, в отличие от блеска галактик, не остается постоянным: квазары «мигают». Это значит, что область, в которой происходит выделение энергии, сравнительно невелика по размеру — всего в несколько раз больше Солнечной системы. Являясь значительно более яркими, чем галактики, квазары оказались в десятки тысяч раз более компактными.

Квазары были открыты в 1963 г. Но 20 лет упорных исследований не привели пока к ясному пониманию физического механизма их активности. В послед-

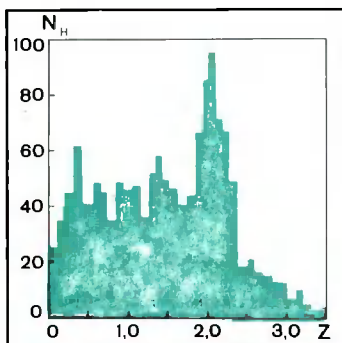
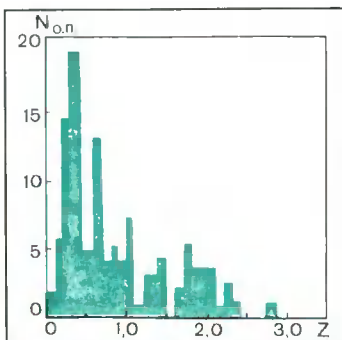


Рис. 1. Зависимость числа оптических переменных квазаров  $N_{оп}$  от величины красного смещения  $Z$  (вверху). Внизу для сравнения приведены данные по числу непостоянных квазаров  $N_{нп}$  в зависимости от  $Z$ .

ние годы наряду с подробным изучением индивидуальных квазаров астрономы все чаще стали применять статистические методы для исследования всей совокупности известных квазаров. При этом пренебрегают деталями поведения отдельных объектов, а выясняют главные свойства квазаров как явления. В свое время такой подход помог разо-

браться в строении и эволюции звезд. Сейчас он успешно применяется для изучения эволюции галактик.

В самом деле, как бы подробно ни исследовались доступные астрономам характеристики отдельной звезды или галактики (яркость, цвет, спектральные характеристики, масса и др.), все же трудно бывает определить, как эта звезда (или галактика) пришла к данному состоянию, какие внутренние процессы способствовали этому. Построение сводных диаграмм для большого числа объектов (например, диаграммы цвет — светимость, масса — светимость, химический состав — возраст и др.) помогают понять, в каком направлении происходит эволюция объектов и как долго длятся ее различные стадии. А отсюда один шаг до выяснения физических причин эволюции. Для звезд и отчасти для галактик это уже сделано. Теперь очередь за квазарами.

Число обнаруженных квазаров стремительно растет: к концу 1976 г. было известно 637 квазаров, а в 1979 г. — уже 1550. У наиболее удаленного из них линии излучения в спектре имеют красное смещение  $Z=3,5$ . Изучая распределение различных свойств квазаров в зависимости от их красного смещения, астрономы считают, что обнаруженные зависимости связаны не с различным положением квазаров в пространстве (существует много свидетельств того, что Вселенная в больших масштабах почти однородна и свойства объектов одного класса в один и тот же момент времени не зависят от их положения в пространстве), а с различием моментов времени, когда был излучен свет, пришедший к нам сегодня от этих объектов. Так, например, принимаемый нами сегодня свет от квазара с  $Z=3,5$

был излучен им около 10 млрд лет назад.

В предыдущие годы были получены некоторые эволюционные данные о квазарах. Например, выяснилось, что их пространственная плотность (т. е. число объектов в единице объема сопутствующего пространства) раньше, т. е. при больших  $Z$ , была значительно больше, чем теперь. Судя по всему, наиболее яркие из квазаров во все времена (т. е. при любых  $Z$ ) имели примерно одинаковую собственную светимость. Имеются также данные, что в прошлом химический состав квазаров был беднее тяжелыми элементами, чем теперь.

В последнее время появились новые интересные данные об эволюции квазаров. Так, китайский астроном К. Цзу, работающий сейчас в США, исследовал связь между оптической переменностью квазаров и их красным смещением<sup>1</sup>. Ранее некоторые астрономы уже отмечали такую связь: чем больше красное смещение квазаров, тем реже среди них попадаются оптически переменные объекты (см. рис. 1). Но существовало сильное подозрение, что эта связь является не реальной зависимостью между характеристиками квазаров, а вызвана двумя чисто наблюдательными эффектами:

во-первых, чем дальше от нас квазары, тем в среднем меньше их видимая яркость, а значит, труднее заметить небольшие изменения этой яркости;

во-вторых, чем дальше квазар, тем с большей скоростью он удаляется от нас (закон Хаббла), и, следовательно, все процессы, происходящие в нем, для земного наблюдателя происходят как бы в замедленном темпе. Например, период изменения блеска квазара в системе отсчета земного наблюдателя увеличивается в  $(1+Z)$  раз. А поскольку в собственной системе отсчета квазара его яркость обычно меняется с интервалом в несколько лет, то для земного наблюдателя этот процесс может затя-

нуться на десятилетия и его с трудом можно будет обнаружить за время наблюдения квазаров (ведь большинство из них открыто лишь в последние годы).

Но, как показал Цзу, даже с учетом отмеченных выше эффектов, зависимость между оптической переменностью и

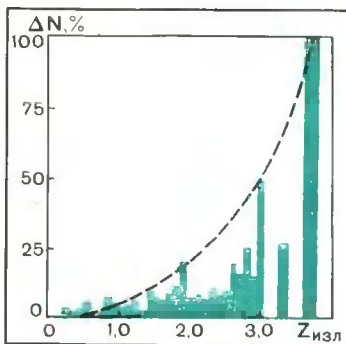


Рис. 2. Зависимость доли квазаров  $\Delta N$ , имеющих в спектре идентифицированные линии поглощения, от красного смещения  $Z_{изл}$ .

красным смещением квазаров реальна: с вероятностью 99,5% можно утверждать, что с уменьшением  $Z$  (т. е. с приближением к современной эпохе) увеличивается доля оптически переменных квазаров. Пока трудно сказать, с какими изменениями в самих квазарах это связано. В качестве аналогии, не более, можно вспомнить, что большинство типов переменных звезд (цефеиды, мириды и др.) представляют собой старые звезды, приближающиеся к концу своей эволюции. Может быть, и у квазаров оптическая переменность связана с процессами неустойчивости, развивающимися на поздней стадии их эволюции?

Интересное исследование свойств квазаров провел индийский астроном Д. Басу. Он изучил связь между линиями поглощения и линиями излучения в спектре квазаров<sup>2</sup>. Известно, что все линии излучения принадлежат самому квазару и имеют

одинаковое красное смещение ( $Z_{изл}$ ), связанное со скоростью удаления квазара от нас. В то же время, в спектре квазара часто обнаруживается несколько систем линий поглощения, красное смещение которых ( $Z_{погл}$ ), как правило, меньше, чем у линий излучения, т. е.  $Z_{погл} < Z_{изл}$ . Судя по всему, линии поглощения образуются в облаках сравнительно холодного газа, находящегося между наблюдателем и исследуемым квазаром. Этот газ может входить в состав галактик, скоплений галактик или даже в состав самого квазара. Чем дальше от нас находятся квазары, тем чаще в их спектрах обнаруживаются линии поглощения (см. рис. 2). Это легко понять, ведь чем дальше квазар, тем больше вероятность того, что между ним и наблюдателем окажется какая-нибудь галактика, содержащая звездный газ.

Но если бы квазары являлись лишь своеобразными «щупами», просвечивающими издалика, как прожекторы, случайно разбросанные во Вселенной облака газа, то, казалось бы, не должно быть никакой связи между  $Z_{изл}$  квазара и  $Z_{погл}$  газа. Оказалось, что это не совсем так. По данным Д. Басу, распределение квазаров по  $Z_{изл}$  (см., напр., рис. 1) очень напоминает распределение по  $Z_{погл}$  поглощающей материи, встречающейся на пути между квазаром и наблюдателем. Сходство этих распределений подтверждается методами статистики. По-видимому, распределение квазаров и поглощающей материи как-то связано между собой, но в чем причина этого — пока неясно.

<sup>1</sup> *Astrophys. Lett.*, 1982, v. 23, № 1, p. 31.

<sup>2</sup> *Astrophys. Lett.*, 1982, v. 22, № 4, p. 139.

## Космические исследования

**Микросейсмы на Венере**

В марте 1982 г., когда спускаемые аппараты «Венера-13» и «Венера-14» опустились на поверхность Венеры, в эксперименте «Гроза-2» была впервые предпринята попытка осуществить прямую регистрацию смещений грунта планеты для оценки ее сейсмичности. Конечно, за 1—2 часа трудно было рассчитывать на регистрацию сколько-нибудь значительных сейсмических явлений, но, используя аппаратуру высокой чувствительности, Л. В. Ксанфомалити, В. М. Зубкова, Н. А. Морозов, Е. В. Петрова (Институт космических исследований АН СССР) рассматривали зарегистрировать микросейсмы<sup>1</sup>. Эти небольшие смещения грунта, составляющие единицы или доли микрон и повторяющиеся с периодом от единиц до десятков секунд, наблюдаются во многих районах Земли. Если Венера также является сейсмичной планетой, то и на ее поверхности должны, вероятно, иметь место микросейсмы.

Для проведения эксперимента в ИКИ АН СССР был разработан сейсмодатчик, позволяющий фиксировать только вертикальную составляющую смещения грунта. Прибор имел два уровня чувствительности: высокий, с разрешением около  $0,5 \cdot 10^{-6}$  см и низкий, с разрешением  $15 \cdot 10^{-6}$  см. Второй, более грубый уровень чувствительности был бы полезен при посадке аппарата в районе высокой сейсмичности; кроме того, грубый канал регистрировал работу систем спускаемого аппарата и, таким образом, служил для независимого контроля работы сейсмодатчика.

Результаты измерений,

проведенных с помощью «Венеры-13», не позволяют говорить о наличии каких-либо микросейсм. Сейсмодатчик «Венеры-14» зарегистрировал два микросейсма: первый с амплитудой более  $80 \cdot 10^{-6}$  см (примерно через 950 с после посадки спускаемого аппарата), второй — с меньшей амплитудой (через 1300 с после посадки). Для Земли микросейсмы такой амплитуды соответствуют удаленности источника на расстояние не более 3000 км. Примерно на таком удалении от спускаемого аппарата «Венеры-14» на поверхности Венеры находились районы Бета и Феба, которые предположительно относят к вулканически активным областям планеты.

Письма в *Астрономический журнал*, 1982, № 7, с. 444—447.

## Астрономия

**Поиски десятой планеты**

Возмущения в орбитальных движениях Урана и Нептуна, наблюдавшиеся астрономами Морской обсерватории США (Вашингтон), Массачусетского политехнического института (Кеймбридж) и Лаборатории реактивного движения в Пасадене (Калифорния), привели этих исследователей к выводу, что в Солнечной системе существует десятая, еще не открытая планета.

По-видимому, наблюдаемые возмущения можно объяснить лишь существованием крупного скопления масс вне орбиты Плутона. Еще в 1930 г., когда К. Томбо открыл Плутон, он отнес «странности» в движении Урана за счет влияния Плутона. Однако даже суммарная масса Плутона и его недавно обнаруженного спутника Харона, составляющая не более 20% массы Луны, не может приводить

к столь большим возмущениям в движении Урана.

Поэтому не исключено, что на расстоянии примерно 8 млрд км за орбитой Плутона находится неизвестная планета, размеры которой близки к размерам Урана. С другой стороны, возможно, что на еще большем расстоянии от Солнца вращается какое-то значительно более крупное небесное тело. Высказываются даже предположения, что Солнце входит в состав двойной звездной системы, вторым компонентом которой является выгоревший «белый карлик» или нейтронная звезда, удаленная от Солнца на 80 млрд км.

*New Scientist*, 1982, v. 94, № 1311, p. 829 (Великобритания).

## Астрономия

**Кометы падают на Солнце**

Первый, ставший известным случай «падения» кометы на Солнце был зарегистрирован астрономами Морской исследовательской лаборатории США 24 февраля 1979 г. С тех пор велись тщательные наблюдения за околосолнечным пространством.

26 января 1982 г. коронोगраф, установленный на борту искусственного спутника «P78-1», зафиксировал новую комету, орбита которой отличалась тем, что ее перигелий (точка максимального приближения к Солнцу) был чрезвычайно близким к светилу.

После того как комета прошла через перигелий, ее обнаружить не удалось. Отсюда был сделан вывод, что комета либо была «сожжена» мощной солнечной радиацией, либо просто упала на Солнце.

Примерно через полгода, 20 июля 1982 г., еще одна неизвестная ранее комета проследовала в ближайших окрестностях Солнца по орбите, сходной с предыдущей. Она также

<sup>1</sup> Подробнее о микросейсма-х см., напр.: *Природа*, 1980, № 9, с. 118.



исчезла после того, как истекло время, необходимое, с точки зрения наблюдавших за кометой астрономов, для ее столкновения с Солнцем, и больше не появлялась.

По-видимому, падение небесных тел на поверхность Солнца — отнюдь не редкое событие, как предполагалось до сих пор.

Science News, 1982, v. 122, № 8, p. 117 (США)

Физика

## W-бозоны обнаружены

В конце января 1983 г. группа физиков во главе с К. Руббиа (С. Rubbia; ЦЕРН, Женева) объявила об открытии промежуточного векторного бозона W массой  $81 \pm 5$  ГэВ.

Как известно, в объединенной теории электрослабых взаимодействий Вайнберга — Глэшоу — Салама<sup>1</sup> заряженные  $W^\pm$  и нейтральный  $Z^0$  бозоны ответственны за перенос слабых взаимодействий. Теория подтверждена во многих экспериментах, но предсказанные ею 15 лет назад частицы  $W^\pm$  и  $Z^0$  до сих пор не наблюдались, так как энергии существовавших в то время ускорителей было недостаточно для рождения этих частиц. По предсказаниям теории, масса  $W^\pm$  (с учетом радиационных поправок) должна составлять  $82 \pm 2$  ГэВ, а масса  $Z^0$  —  $93 \pm 2$  ГэВ.

После запуска в ЦЕРНе коллайдера<sup>2</sup> — ускорителя на встречных протон-антипротонных пучках с полной энергией

сталкивающихся частиц 540 ГэВ, поиск W-бозонов стал первоочередной задачей. Эти бозоны должны рождаться в так называемых инклюзивных реакциях



в основе которых лежит процесс рождения W-бозонов при столкновении кварков и антикварков, входящих в состав протонов и антипротонов. Протон состоит из кварков uud, антипротон — из соответствующих антикварков  $\bar{u}\bar{d}$ . Рождаются W-бозоны в процессах:



Обратные процессы приводят к распаду W-бозонов на кварк-антикварковые пары, т. е., в конечном счете, на адроны. Эти каналы распада сложны для наблюдений. Кроме того, W-бозоны распадаются на заряженные лептоны  $e, \mu$  или  $\tau$  и соответствующие им нейтрино. Согласно теории, полная ширина  $\Gamma$  распада W-бозона составляет около 3 ГэВ, следовательно, время его жизни  $\tau = 1/\Gamma$  примерно равно  $2 \cdot 10^{-25}$  с.

В экспериментах ЦЕРНа велся поиск электронов, вылетающих перпендикулярно линии столкновения встречных p $\bar{p}$ -пучков. Обнаружение таких электронов, несущих большую энергию (равную примерно половине массы W, т. е. около 40 ГэВ), свидетельствует о рождении W-бозона и его последующем распаде на электрон и электронное антинейтрино. Антинейтрино уносит другую половину энергии W-бозона. Группа Руббиа считает, что ими найдено шесть таких событий. Это число согласуется с теоретической оценкой вероятности рождения W-бозона.

Одновременно о своих предварительных результатах объявила другая группа исследователей, также работающих на коллайдере. Они как будто наблюдали еще четыре случая рождения и распада W-бозона, но считают необходимым проверить свои данные.

Предполагается, что следующая серия экспериментов по поиску W-бозонов будет проведена в апреле — июне 1983 г. и статистика будет повышена в 5 раз.

Если открытие W-бозонов подтвердится, это будет триумфом теории электрослабых взаимодействий. В свое время один из ее создателей грозился вернуть свою Нобелевскую премию, если W-бозоны не будут обнаружены. Похоже, теперь ему не придется об этом беспокоиться. На очереди — обнаружение нейтральных  $Z^0$ -бозонов.

Preprint CERN EP/83-13, 21 Jan. 1983 (Швейцария).

Физика

## Акустическое изображение микросхем

В последние годы, для того чтобы сделать видимой подповерхностную структуру объектов, недоступную для изучения методами оптической и электронной микроскопии, стали с успехом применять акустический микроскоп.

М. А. Кулаков и А. И. Морозов (Институт радиотехники и электроники АН СССР) с помощью акустического микроскопа со сканирующим пучком, работавшего в режиме отражения, получили акустические изображения серийных микросхем, на поверхность которых наносились непрозрачные слои, имитировавшие возможные покрытия в микрозлектронных устройствах или различных технологических процессах.

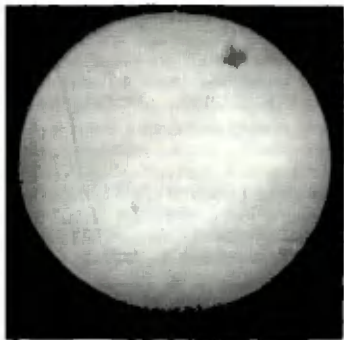
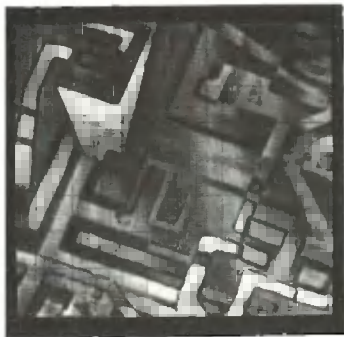
Изображение в акустическом микроскопе формируется за счет отражения высокочастотных акустических сигналов



Схема акустического микроскопа.

<sup>1</sup> Ансельм А. А. В поисках единой теории фундаментальных взаимодействий. — Природа, 1980, № 6, с. 9; № 7, с. 63; Кобзарев И. Ю. Лауреаты Нобелевской премии 1979 г. по физике — С. Вайнберг, Ш. Глэшоу, А. Салама. — Природа, 1980, № 1, с. 84.

<sup>2</sup> Подробнее об этом см.: Ройзен И. И. Физические исследования на коллайдере. — Природа, 1983, № 2, с. 104.



Изображение структуры микрофильма, полученное с помощью оптического [вверху] и акустического [внизу] микроскопов.

от неоднородностей плотности среды, встречающихся на пути распространения этих сигналов. Фокусировка акустических волн осуществляется в иммерсионной жидкости с помощью акустической линзы — сферического углубления в торце звукопровода, в котором распространяются звуковые колебания. Излучает и принимает акустический сигнал пьезоэлектрический преобразователь, приклеенный ко второму торцу звукопровода напротив линзы. С целью получения видимого изображения сигнал от этого преобразователя используют для модуляции яркости луча телевизионной электроннолучевой трубки.

Поле сканирования микроскопа, работавшего в диапазоне частот от 130 до 800 МГц, имело размеры  $0,4 \times 0,5$  мм<sup>2</sup>; разрешение изображений на частотах свыше 400 МГц составляло не менее 4 мкм; микроскоп позволял получать увеличенные в 200 раз изображения. В качестве иммерсионных жидкостей,

которые покрывали поверхность исследуемых объектов и в которых распространялся акустический сигнал, использовались вода или ртуть.

Во всех случаях в изображении, полученных с помощью акустического микроскопа, подповерхностная структура объекта наблюдалась более отчетливо, чем, например, в оптическом микроскопе. По-видимому, разработанную методику можно использовать для контроля технологических процессов при изготовлении многослойных структур.

Письма в ЖТФ, 1982, т. 8, № 12, с. 719—721.

#### Физика

### Лазерное разделение трития и дейтерия

И. Херман, Ф. Магнотта, Ф. Олдридж и Дж. Марлинг (I. Herman, F. Magnotta, F. Aldridge, J. Marling; Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса, США) с помощью лазера осуществили селективную диссоциацию молекул хлороформа, что позволило впервые получить фотохимическое разделение изотопов водорода — дейтерия и трития.

Выполненные эксперименты основывались на расчетах, показавших, что «тритированный» хлороформ  $\text{CTCl}_3$  имеет пик поглощения на длине волны 12,08 мкм, в то время как «дейтерированный» хлороформ  $\text{CDCl}_3$  на этой длине волны характеризуется высокой прозрачностью. В результате смесь, состоящая из  $\text{CTCl}_3$  и  $\text{CDCl}_3$ , может быть очищена от «тритированных» молекул хлороформа, так как они селективно разрушаются при многофотонном поглощении.

В исследовавшихся смесях относительное содержание  $\text{CTCl}_3$  составляло от 20 до 200 млн<sup>-1</sup>. Смесь облучалась импульсами перестраиваемого лазера на аммиаке с длиной волны 12,08 мкм. После фотолиза продукты разложения поступали в газовый хроматограф, который был соединен с ионизационной камерой. При уменьшении содержания  $\text{CTCl}_3$

выходной сигнал этой камеры также уменьшался. Продуктов разложения  $\text{CDCl}_3$  в экспериментах обнаружено не было.

Степень обогащения смеси тритием, определенная как отношение относительных распадов  $\text{CTCl}_3$  и  $\text{CDCl}_3$  за импульс, составила примерно 165. По мнению И. Хермана, точность измерений связана с методом детектирования; есть надежда, что когда она будет повышена, степень обогащения окажется равной 1000.

Фотохимическое разделение изотопов водорода может оказаться полезным при ликвидации радиоактивных отходов реакторов на тяжелой воде (в частности, радиационнозагрязненного охладителя). По мнению авторов работы, лазерный метод быстрее, надежнее и дешевле классических методов разделения, таких как электролиз и низкотемпературная перегонка.

Laser Focus, 1982, v. 18, № 9, p. 22 (США)

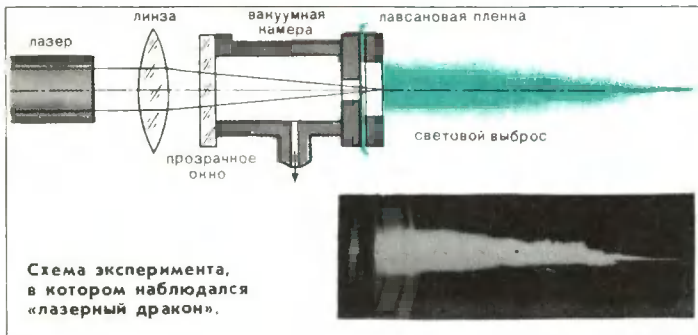
#### Физика

### «Лазерный дракон»

Г. А. Аскарьян и Б. М. Манзон (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) в режиме сверхдлинных гигантских лазерных импульсов длительностью до 10 мкс получили и исследовали выбросы светового разряда в воздух по направлению луча лазера. Длительность разряда достигала 17 см. Явление названо авторами «лазерным драконом».

Обычно световые разряды в газах распространяются навстречу мощному лазерному излучению, что связано с сильным поглощением света в плазме, так как навстречу лучу идет фронт световой детонации. В результате зона поглощения лазерного излучения непрерывно перемещается, приближаясь к лазеру.

Как показали авторы работы, распространение разряда навстречу лазерному лучу можно оборвать, устранив газ перед фокусом лазерного луча. Следующим этапом работы была попытка получить световой



разряд, направленный по лучу лазера. Однако при малых длительностях гигантского лазерного импульса такая попытка оказалась неэффективной. Лишь переход к длительным импульсам (от долей до нескольких микросекунд) и принципиально новый способ осуществления резкого перепада плотности газа позволил исследователям добиться успеха.

В эксперименте луч неодимового лазера, дающего длительные гигантские импульсы, фокусировался линзой с фокусным расстоянием 1 м через прозрачное окно внутрь вакуумной камеры на выходное окно, закрытое тонкой (около 10 мкм) лавсановой пленкой, сдерживающей перепад давления атмосферы — вакуум внутри и вне камеры. Вакуум препятствовал, таким образом, возникновению фронта поглощения внутри камеры. Луч, попадая в атмосферу, создавал в ней плазму, выбрасывая ее со своего пути, прорывая в плазме канал, и продвигался все дальше со скоростью, которая достигала 30 км/с, причем длина «прорыва» светового разряда возрастала с увеличением длительности импульса. Энергия в импульсе составляла 100 Дж, расходимость луча не превышала  $10^{-3}$  рад. В эксперименте были получены очень узкие (поперечником до долей миллиметра) каналы разряда, т. е. происходила самофокусировка луча и увеличение его контрастности.

С помощью наблюдавшегося в экспериментах явления (которое можно назвать новым видом светового плазматрона) можно не только создавать плазму, но и осуществлять комбинированное свето-плазменное воздействие на вещество или

светореактивное ускорение частиц. Это явление может быть также использовано для создания в газе каналов с резко пониженной плотностью, по которым можно проводить потоки частиц, квантов, а также создавать плазменные электроды, направленные электрические пробы, плазменные антенны и волноводы.

В этих же целях можно использовать и длинные непрерывные световые разряды навстречу лазерному лучу, полученные теми же авторами с помощью длительных импульсов.

Письма в ЖТФ, 1982, т. 8, № 18, с. 1125—1131; № 20, с. 1256—1260.

Физическая химия

**Заражение при «оловянной чуме»**

Если пластичное белое олово (тетрагональная  $\beta$ -модификация с металлоскими связями), соприкасающееся с серым оловом, охладить ниже температуры 286 К, то начнется его быстрый фазовый переход в порошкообразное серое олово ( $\alpha$ -модификация с решеткой типа алмаза, ковалентными связями и свойствами полупроводника). Это превращение олова еще в средние века было названо «оловянной чумой», поскольку вызывалось и ускорялось соприкосновением белого олова с серым. Впоследствии обнаружилось, что свойством ускорять этот фазовый переход обладает не только серое олово, но и изоморфные с ним веществ-

ва — антимонид индия и теллурид кадмия. Долгое время предполагали, что механизм заражения белого олова аналогичен действию затравки при кристаллизации переохлажденной жидкости и для заражения необходим прямой контакт белого олова с серым. Однако результаты проведенного в Институте физики твердого тела АН СССР детального исследования фазового перехода  $\beta$ -Sn  $\rightarrow$   $\alpha$ -Sn указывают на неидентичность механизмов заражения «оловянной чумой» и кристаллизации в присутствии затравок.

Изучалось белое олово высокой чистоты. Из отполированных пластин белого олова и антимонида индия готовили «сэндвичи», на одну из пластин которых наносили сетчатое или сплошное покрытие из органического вещества толщиной 1 мкм; такие покрытия препятствовали прямому контакту между пластинами. После этого все «сэндвичи», а также контрольные пластины чистого белого олова помещали в термостатированную камеру-морозильник, температура которой равнялась 256 К. После хранения там в течение 4 месяцев контрольные образцы и «сэндвичи» со сплошным покрытием оставались неизменными, а в «сэндвичах» с сетчатым покрытием белое олово превращалось в серое уже через 27—33 дня.

Компактные пластины серого олова небольших размеров, полученные в результате фазового перехода, использовались в дальнейших опытах для изготовления «сэндвичей» из белого и серого олова с сетчатыми полимерными перегородками (толщиной 10 мкм). При их охлаждении белое олово переходило в серое уже через 3—6 дней. Таким образом, для заражения «оловянной чумой» прямой контакт белого олова с серым не обязателен, хотя при непосредственном контакте фазовое превращение осуществляется быстрее (через 10—12 часов для серого олова и через 1—3 дня для антимонида индия).

Интересно, что белое олово, находившееся в контакте с антимонидом индия при высоких температурах и оставшееся при этом неизменным в те-

чение 3—4 дней, превращалось в серое, если после удаления антимоноиды индия белое олово помещалось в морозильник. «Инкубационный период» зависел от условий высокотемпературной выдержки.

По мнению исследователей, обнаруженный эффект («памяти» и вся совокупность экспериментальных данных позволяют связать заражение при «оловянной чуме» с переходом через границы раздела белого олова с серым каких-то частиц, например электронов или кластеров, способствующих образованию на поверхности белого олова комплексов с ковалентной связью, являющихся элементами (зародышами)  $\alpha$ -фазы.

Доклады АН СССР, 1982, т. 265, № 5, с. 1155—1157.

#### Химия

### Полимеры из разнородных макромолекул

Группа исследователей под руководством В. В. Коршака (Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова АН СССР) показала, что в результате взаимодействия хлорсодержащих и ароматических полимеров можно получить растворимые и плавкие агрегаты, состоящие из разнородных макромолекул. В результате в одной макромолекуле могут быть совмещены два и более типа разнородных цепей, и станет возможен синтез полимеров с новым комплексом свойств.

Подобные высокомолекулярные структуры авторы предложили называть парными макромолекулами, или парными полимерами. Механизм их образования изучался на примере модельной пары: поли-1,1,2-трихлорбутана и полистирола. Продолжительность реакции достигала 6 часов.

По мнению авторов, реакция образования парных макромолекул должна протекать в три стадии. На первом этапе преобладает взаимодействие между макромолекулами, принадлежащими отдельным цепям, с образованием привитых полимеров.

Продукт А, выделенный на этом этапе, сохраняет растворимость в тех же растворителях, что и исходные полимеры; его характеристическая вязкость уменьшается по сравнению с исходной смесью, молекулярная масса несколько возрастает. Все это указывает на разветвленный характер макромолекулярного продукта А.

На втором этапе преобладает внутримолекулярная реакция, в которой увеличивается число связей между реагирующими макромолекулами; эта реакция протекает по типу кооперативного взаимодействия. Образующийся продукт В отличается от привитого полимера А растворимостью и гидродинамическими характеристиками. Превращение полимера А в В сопровождается значительным ростом вязкости, что характерно для линейных цепей по сравнению с разветвленными.

Третий этап реакции связан с образованием слабо связанных агрегатов парных макромолекул и приводит к образованию труднорастворимого полимера С, который все-таки сохраняет плавкость и растворимость в горячих полярных растворителях (нитробензоле, тетрагидроэтане).

Доклады АН СССР, 1982, т. 265, № 5, с. 1147—1151.

#### Молекулярная биология

### Белки, общие для митохондрий и цитоплазмы

В клетках эукариот имеется, по крайней мере, два функциональных генома, один из которых расположен в ядре, а другой — в митохондриях. Митохондриальный геном относительно невелик<sup>1</sup> и не обеспечивает образования всех компонентов митохондрий. Поэтому большая часть митохондриальных структурных белков и ферментов кодируется ядерными генами; белки синтезируются на цитоплазматических рибосомах

и затем транспортируются в митохондрии. Давно было замечено, что белки и ферменты, выполняющие сходные функции в цитоплазме и митохондриях, структурно различаются. Поэтому существовала точка зрения, согласно которой эти белки и ферменты являются продуктами разных генов. Однако такой вывод, сделанный на основании чисто биохимических исследований, не всегда верен.

А. Хупер с соавторами (А. Хупер; отделение биологической химии Исследовательского центра по изучению рака, Херши, Пенсильвания, США), используя молекулярно-генетический подход, обнаружила, что мутации в одном из ядерных генов дрожжей изменяют фермент тРНК-(уридин)5-метилтрансферазу, функционирующий как в цитоплазме, так и в митохондриях<sup>2</sup>. Сходный вывод был сделан и для другого фермента — тРНК(гуанозин-N<sup>6</sup>)-диметилтрансферазы.

Сотрудники кафедры генетики Ленинградского университета и Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР (Москва) также пришли к выводу о возможности существования общих белков для цитоплазмы и митохондрий эукариот. Они обнаружили, что одна мутация в ядерном гене *sup1* изменяет свойства как цитоплазматических, так и митохондриальных рибосом. На этом основании было высказано предположение, что существует общий рибосомный белок, входящий в состав как цитоплазматических, так и митохондриальных рибосом<sup>3</sup>.

Таким образом, взаимоотношения между ядерным и митохондриальным геномами, а также их продуктами, по-видимому, более сложные, чем это предполагалось ранее.

А. П. Сургучев,  
кандидат биологических наук  
Москва

<sup>2</sup> Cell, 1982, № 28, p. 543.

<sup>3</sup> Тер-Аванесян М. Д., Зиммерман Н., Инге-Вечтовом С. Г., Судариков А. Б., Смирнов В. Н. и Сургучев А. П. — Mol. and Gen. Genet., 1982, № 185, p. 319.

<sup>1</sup> О строении митохондриального генома см., напр.: Природа, 1982, № 1, с. 114.

## Биохимия

## Новый инсулин

В последние годы появились сообщения об успешном использовании методов генной инженерии для синтеза ряда веществ: вирусного гемагглютинаина, интерферона и др. Однако все это не выходило за рамки лабораторных исследований. Недавно предприятия Великобритании начали производство в промышленных масштабах человеческого гормона инсулина для его широкой продажи на мировом рынке. Инсулин вырабатывают бактерии кишечной палочки, в геном которых введены последовательности нуклеотидов ДНК человека, кодирующие синтез этого белка; одна часть бактерий синтезирует один фрагмент А, а другая — фрагмент В. После этого оба фрагмента, выделенные от разных групп бактерий, с помощью химических методов соединяются друг с другом и получается готовый препарат. Его молекулярная структура полностью соответствует молекулярной структуре гормона человека.

Обычно для лечения диабета используют инсулин, полученный от животных. Однако такой инсулин может иногда вызывать аллергические реакции, которых не дает вновь полученный человеческий инсулин. Другое преимущество человеческого инсулина заключается в том, что он быстрее, чем инсулин животных, способствует удалению из кровотока больных диабетом токсических веществ — кетонов.

Предварительные испытания человеческого инсулина, полученного методами генной инженерии, проводились на 94 больных диабетом в пяти госпиталях Великобритании. Контролем служили больные диабетом, которых лечили инсулином, полученным от свиней и коров. Испытания показали, что различия в действии двух видов инсулина весьма незначительны и заключаются в более быстром всасывании человеческого инсулина. Поэтому для снижения в крови определенного количества сахара этого препарата требовалось несколько больше, чем

инсулина животных. Однако нет сомнений, что с помощью несложных методов весьма несложно соединить молекулы инсулина с соответствующими носителями и тем самым замедлить скорость всасывания человеческого инсулина.

Nature, 1982, v. 299, № 5881, p. 293 (Великобритания).

## Биохимия

## Термостойкий биокатализатор

Большинство ферментов функционируют в довольно узком температурном интервале, а при нагреве выше 40—50°C их каталитическая активность падает. Процесс необратимых изменений свойств ферментов можно замедлить, если ферментную глобулу во многих точках присоединить к достаточно жесткому носителю.

Группа исследователей под руководством К. Мартиника (Московский государственный университет) установила, что многоточечная «пришивка» фермента к носителю может настолько закрепить его конфигурацию, что фермент сохраняет каталитическую активность даже при повышенной температуре, причем температурная зависимость ферментативной активности в координатах Аррениуса становится строго линейной в широком интервале температур (как для обычных химических реакций).

Так, иммобилизованный в полиакриламидном геле по сополимеризационной методике α-химотрипсин эффективно работал при 70°C. По-видимому, это связано с тем, что в результате сополимеризации образуется носитель, поверхность которого строго соответствует белковой глобуле, что препятствует разворачиванию молекул при нагреве.

Полученный результат позволяет лучше понять связь между структурой и функцией белка; по-видимому, он во многом будет способствовать ускоренному внедрению биокатализа в практику.

Доклады АН СССР, 1982, т. 263, № 2, с. 494—497.

## Биохимия

## Перевод эритроцитов одной группы крови в другую

У человека имеется 4 основных группы крови, которые необходимо учитывать при проведении каждой из них обусловлено антигенной структурой поверхности эритроцитов. В молекулы групповых антигенов входят одна или более прямых (или разветвленных) цепей углеводов. Специфичность групп крови в основном определяется природой и характером связи моносахаридов, находящихся на концах этих цепей.

Дж. Голдштейн и Л. Рейх (J. Goldstein, L. Reich; Нью-Йоркский центр изучения крови и медицинский колледж Корнеллского университета, США) исследовали возможность перевода эритроцитов одной группы крови в другую путем изменения «антигенного рисунка» их поверхности. С этой целью они использовали фермент α-галактозидазу, гидролизующий α-гликозидные связи и отщепляющий N-ацетилгалактозанин, а также галактозу; это изменяет антигенную структуру поверхности эритроцитов и переводит эритроциты групп А или В в нулевую. Нужный для опытов фермент был получен из кофейных бобов и подвергнут специальной очистке.

Первые опыты проводились на гиббонах, имевших группы крови А и АВ. От них были получены эритроциты, которые после соответствующей обработки α-галактозидазой были опять введены в кровь доноров. Никакого отрицательного действия не последовало. После этого были проведены эксперименты на людях-добровольцах. У одного из них, имевшего группу крови В, были получены эритроциты, которые были подвергнуты действию α-галактозидазы. Обработанные эритроциты были затем тщательно отмыты от фермента и проверены на жизнеспособность, которая оказалась не нарушенной. После этого их помечили радиоактивной меткой (<sup>51</sup>Cr) и ввели трем добро-

вольцам, имевшим группы крови А, В и нулевую. Спустя 15, 30 и 60 минут после введения и в последующие 49 суток у подвергнутых опыту брались для исследования образцы крови. Результаты анализа у всех трех совпали. Разрушения введенных клеток не отмечалось. Около 95% искусственно измененных эритроцитов присутствовало в кровотоке спустя 24 часа после введения, и 50% этих клеток отмечалось в крови спустя 30—33 дня, что не расходится с данным о нормальных эритроцитах человека.

Таким образом, перевод эритроцитов человека одной группы крови в другую практически удался. Результаты могут быть использованы в практике переливания крови. Они увеличивают возможность получения эритроцитов нулевой группы крови, которая наиболее безопасна для проведения переливаний.

Science, 1982, v. 215, № 4529, p. 168—170 (США).

#### Физиология

### Мышечное расслабление и чувствительность к стрессу

Группа американских физиологов во главе с Дж. Хоффманом (J. Hoffman; Медицинский институт при Гарвардском университете, штат Массачусетс) пришла к выводу, что систематическое расслабление скелетных мышц снижает чувствительность сердечно-сосудистой системы к биологически активным веществам.

В поставленном эксперименте физическая нагрузка (быстрый переход в вертикальное положение, длительное стояние, мышечное усилие) вызывала у испытуемых типичную реакцию: учащение пульса, повышение артериального давления, а также увеличивало содержание в крови норадреналина — гормона стресса, активирующего работу сердца и сосудов. Затем часть испытуемых в течение месяца обучалась мышечному расслаблению. При повторных обследованиях оказалось, что учащение пульса и повышение

давления при нагрузке оставались на прежних уровнях, зато концентрация норадреналина в крови у тех, кто занимался расслаблением, была значительно выше не только по сравнению с покоем, но и с уровнем, который наблюдался месяц назад.

Выброс норадреналина в кровь — одна из основных причин как повышения давления, так и учащения ритма сердца. По мнению авторов, физическая нагрузка предъявляет стандартные требования к сердечно-сосудистой системе и стандартный ответ сердца и сосудов на нагрузку отвечает этим требованиям. Однако лицам, занимавшимся расслаблением, требуется больше адреналина, чтобы достичь адекватного уровня ответа. Иными словами, для достижения того же конечного результата требуется дополнительная активность промежуточного механизма. Таким образом, делают вывод авторы, чувствительность конечных (исполнительных) органов к норадреналину снижается под влиянием систематических расслаблений. Вероятно, такие занятия могут принести пользу в профилактике тех заболеваний, в основе которых лежит повышенная чувствительность внутренних органов к норадреналину.

Science, 1982, v. 215, № 4529, p. 190—192 (США).

#### Психофармакология

### Механизм влияния алкоголя на эмоции

Нейрофармаколог Э. Э. Звартау (Первый медицинский институт, Ленинград) исследовал влияние алкоголя на эмоциональное состояние, и в частности на реакцию самораздражения у крыс. Крысам вводили электроды в зоны мозга, связанные с положительными эмоциями, и обучали замыкать электрическую цепь, стимулируя эти зоны. Введение алкоголя увеличивало частоту самораздражений, что свидетельствует о влиянии алкоголя на центры положительных эмоций. Внезапная отмена алкоголя после длительного его употребления приводила к резкому сокращению частоты само-

раздражений. В ряде опытов крысам вводили препарат налоксон — антагонист морфина; при этом влияние алкоголя на реакцию самораздражения снижалось или полностью прекращалось.

Известно, что в мозгу существуют нервные окончания — рецепторы, — специфически чувствительные к морфину и другим наркотическим средствам, а также вещества белковой природы, действующие на эти рецепторы подобно морфину — так называемые эндорфины. Роль эндорфинов в механизме реакции самораздражения еще не выяснена. Автор предположил, что алкоголь активирует синтез или выброс эндорфинов, а налоксон снимает эффект, блокируя морфинные рецепторы.

Не исключено, таким образом, что один из возможных механизмов воздействия алкоголя на эмоциональное состояние заключается именно в его влиянии на систему эндорфинов и морфинных рецепторов.

Журнал высшей нервной деятельности, 1982, т. XXXII, вып. 4, с. 651—657.

#### Зоология

### Половые феромоны подвязочных мей

Во внутривидовых коммуникациях многих животных важную роль играют феромоны. Эти химические сигналы в репродуктивном поведении, в частности, обеспечивают распознавание половых партнеров, несут информацию о репродуктивном состоянии и возрасте особи. Большой интерес представляет выяснение связи феромонов с гормональной, кровеносной и другими системами организма животных. Новое — эндокринологическое — направление в изучении поведения животных позволило приблизиться к решению этих вопросов.

Д. Крус и У. Р. Гарстка (D. Crews, W. R. Garstka; Гарвардский университет, США) установили<sup>1</sup>, что половые феро-

<sup>1</sup> Science, 1981, v. 214, № 4521, p. 681.



моны самки подвязочной змеи (*Thamnophis sirtalis parietalis*) существуют в активной форме в печени и крови, а затем сквозь определенные участки кожи попадают на ее поверхность.

Самцы подвязочной змеи начинают ритуал ухаживания с хемосенсорного обследования тела самки, при этом химические сигналы с поверхности ее тела они доставляют с помощью языка к анализирующему органу Якобсона<sup>2</sup>. Было отмечено также, что самка в брачной позе заметно увеличивает свои видимые размеры за счет усиленной вентиляции. Поскольку в коже спины самки отсутствуют какие-либо железы, выделяющие секрет наружу через протоки, исследователи высказали предположение, что феромоны включаются в кровообращение и транспортируются через кожную сосудистую сеть к поверхности кожи, а затем в брачном ритуале воспринимаются самцом.

Была проведена серия экспериментов, в которых исследовалось влияние сывороток крови, обработанных эстрогеном (женским половым гормоном), и контрольных, не обработанных. Анализировался также биохимический состав сыворотки крови, срезов кожи, гомогенатов печени и жировых тел. Выяснилось, что для стимуляции ухаживания имеют значение липиды (а не протеины), источником которых является печень. Само образование активных феромонов имеет отношение к процессу формирования вителлогенина — циркулирующего предшественника желтка. Авторы предполагают, что по своему химическому составу феромоны представляют собой липопротеиновый вителлогенин или богатую липидами часть этой крупной молекулы. Гистологическое исследование кожи показало, что липидосодержащие клетки концентрируются в участках

между чешуями и прилегают к кожной сосудистой сети. При особых демонстративных брачных позах самки — благодаря гипервентиляции и растяжению кожи — происходит выталкивание феромонов сквозь более тонкие участки кожи между чешуями.

Авторы считают, что механизм выделения феромонов на поверхность кожи у самок подвязочной змеи подобен механизму выделения секрета из беспроточных хвостовых желез у австралийских ящериц-гекконов рода *Diplodactylus*<sup>3</sup>.

**Н. Б. Ананьева,**  
кандидат биологических наук  
Ленинград

<sup>3</sup> См.: Ананьева Н. Б. Защитная функция хвостовых желез у гекконов. — Природа, 1982, № 6.

Этология

**Коллективная охота у дернового муравья**

Удивительный способ групповой охоты обнаружен недавно<sup>1</sup> у дернового муравья (*Tetramorium caespitum*); с его помощью эти общественные насекомые охотятся на одиночных пчел-галликтов.

Эти пчелы гнездятся в почвенных норках. Найдя такую норку, муравей начинает спускаться в нее, но пчела-хозяйка не пропускает в гнездо непрошеного гостя, закрывая ход головой. Тогда муравей возвращается на поверхность, находит кусочек почвы или маленький камешек и, подойдя ко входу в норку, бросает его на голову пчелы. Затем он находит новый камешек и опять бросает в норку. Эта деятельность муравья привлекает внимание оказавшихся поблизости его собратьев, и они тоже начинают бросать в норку камешки, песчинки, комочки почвы. Недовольная пчела высвобождается из норки, агрессивно

раскрывая челюсти, но на нее сразу же нападают муравьи, и она ретируется в глубь гнезда. Постепенно вокруг норки собирается множество муравьев, которые бросают туда по нескольку десятков камешков в минуту. Пчела поворачивается и закрывает вход в гнездо брюшком, вооруженным жалом, но и это не помогает. А бурная деятельность муравьев вокруг гнезда продолжается; так может пройти 1—2 часа. В конце концов окончательно рассерженная пчела не выдерживает осады и выходит на поверхность почвы, где теперь уже собралось достаточно много муравьев, чтобы они смогли совместными усилиями справиться с нею. Муравьи довольно быстро убивают пчелу и тащат в свое гнездо.

Бросание камешков в гнездо пчелы служит еще одним примером использования муравьями предметов в качестве примитивных орудий. Достоверных случаев применения орудий общественными насекомыми мы знаем пока еще очень мало.

**В. Е. Кипятков,**  
кандидат биологических наук  
Ленинград

Палеоантропология

**Древнейшие предки человека**

За последние годы раскопки в районе Луфыня (провинция Юньнань на юге Китая) дали большое количество ископаемых остатков гоминидов эпохи миоцена. Особое значение имеют найденные здесь 4 черепа, более 30 челюстных костей и несколько сот зубов, принадлежащих сивапитекам и рамалпитекам, т. е. приматам, о которых пока нельзя с уверенностью сказать, находятся ли они на одной эволюционной прямой с человеком или нет.

Точная датировка столь древних остатков затруднительна, и существенным шагом здесь явилась совместная работа Ци Гуоциня (*Qi Guo-qin*; Институт палеонтологии позвоночных и палеоантропологии АН КНР, Пекин) и Л. Флинна

<sup>2</sup> Орган Якобсона — самостоятельный орган обоняния, который у рептилий отделен от обонятельного мешка, а с ротовой полостью соединен особым каналом. Орган Якобсона особенно хорошо развит у ящериц и змей, а у черепах и крокодилов сохраняется лишь в виде эмбрионального зачатка.

<sup>1</sup> J. Kansas Entomol. Soc., 1982, v. 55, № 2, p. 277.

(L. Flynn; Университет штата Аризона, США). В основе их работы лежит сопоставление и анализ многочисленных остатков ископаемых грызунов, найденных совместно с остатками гоминоидов как в Луфыне, так и ранее — в известном специалистам урочище Сивалик на Потварском плато в Пакистане. Датировка находок в Пакистане проведена работавшей там большой международной экспедицией достаточно точно: гоминоиды и другие ископаемые остатки Сивалика относятся к позднему и среднему миоцену (т. е. их возраст 8—14 млн лет). Исследование этих остатков позволило довольно четко представить и картину эволюции грызунов в Азии с миоцена до нашего времени.

Новые совместные исследования палеонтологов и палеоантропологов КНР и США могут служить подтверждением того, что луфунский рамапитек принадлежит именно гоминоидной линии развития человека.

Хотя Луфын находится в 3300 км к востоку от района раскопок в Пакистане, виды найденных здесь ископаемых грызунов близко совпадают с сиваликскими, возраст которых 7—8,5 млн лет. И те, и другие принадлежат к семейству Rhizomyidae, ныне представленному бамбуковой крысой, встречающейся в Юго-Восточной Азии. Авторы указывают: если 8 млн лет назад Южный Китай и Пакистан населяли одни и те же виды грызунов, то, несмотря на обширность ареала, там могли встречаться одни и те же виды гоминоид. *Nature*, 1982, v. 298, № 5876, p. 746—747 (Великобритания).

ДДТ. Речь идет о пропоксуре (2-изопропоксифенил-N-метилкарбамат, химическая формула —  $C_{14}H_{15}O_3N$ ).

Пропоксур (синонимы — байгом, блаттанекс, унден, апркарб) представляет собой кристаллическое вещество, мало растворимое в воде. Выпускается промышленностью в виде концентрированных эмульсий, порошка, в гранулированной форме. Этот эффективный пестицид имеет широкую область применения — от уничтожения вредителей сельскохозяйственных растений до борьбы с кровососущими насекомыми.

Пропоксур — высокотоксичное вещество. Его отравляющее действие на млекопитающих, и человека в том числе, обусловлено тем, что он сильно снижает или полностью подавляет активность холинэстеразы — фермента, регулирующего скорость распространения импульсов возбуждения вдоль нервных волокон. Хотя нет данных о канцерогенности самого пестицида, доказано, что мутагенным и канцерогенным является производное от него вещество — нитрозопропоксур, в молекуле которого один из атомов водорода замещен на группу  $NO^+$ . Характерно, что возникающие под влиянием нитрозопропоксура изменения в молекуле ДНК являются необратимыми, в отличие от повреждения ДНК ионизирующим или ультрафиолетовым излучением.

Как правило, пропоксур попадает в организм через дыхательные пути и кожу; незначительные количества могут поступать через пищеварительный тракт при употреблении продуктов, содержащих этот пестицид.

Эксперименты, проводившиеся на добровольцах, показали, что при однократном вдыхе человека (вес тела около 70 кг) приблизительно 0,1 г пропоксура картина развивающегося отравления выглядит следующим образом. Спустя 15 минут после ингаляции возникает ощущение давления в голове; активность фермента холинэстеразы падает на 73%. Затем появляются бледность, тошнота, расстройство зрения, поднимается кровяное давление, учащается пульс. Все это сопровождается

обильным потоотделением, возможны боли в животе. Наиболее остро эти симптомы проявляются на 30—45-й минуте, затем начинают ослабевать и спустя 1,5 часа после ингаляции исчезают.

Длительное кормление крыс пищей, содержащей добавку пропоксура (~12 мг на 1 кг пищи в день), вызывает развитие процессов торможения в центральной нервной системе, ухудшение памяти и способности к обучению, изменение энцефалограммы, потерю аппетита, снижение веса тела, повреждение структуры печени. Однократное введение пропоксура в дозе 20 мг на 1 кг веса тела оказывается смертельным для птиц. Половина этой дозы приводит к полному расстройству центральной нервной системы, сопровождающемуся временной потерей координации движений и параличом.

National Research Council Canada, Publications, 1982, № 18572 (Канада)



Экология

## Биоценозы вблизи атомных электростанций

Сотрудники Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР завершили многолетние исследования закономерностей миграции радиоактивных элементов в компонентах природных экосистем, расположенных в окрестностях Белярской АЭС (Средний Урал).

М. Г. Нифонтова и Н. В. Куликов изучили особенности перемещения  $^{90}Sr$  и  $^{137}Cs$ , оседающего лишайниками и грибами на территории санитарно-защитной зоны АЭС. Содержание этих изотопов определяли в теле листоватого эпифитного лишайника *Nurogymnia physoides* и в плодовых телах агариковых грибов — подберезовика, сыроежки, груздя и вешенки, а также в субстратах, на которых они произрастали (кора упавших деревьев, лесной подстилке, почве).

Наибольшая концентра-



Экология

## Токсичность пропоксура

Объединенный комитет по разработке научных критериев качества окружающей среды при Национальном научно-исследовательском совете Канады опубликовал отчет, в котором излагаются результаты изучения свойств и влияния на окружающую среду пестицида, заменившего в последние годы в Канаде

ция радиоактивных элементов обнаружена в эпифитном лишайнике: на 1 кг сухой массы приходилось от 5,8 до 9,4 нКи  $^{90}\text{Sr}$  и 9,5—17,9 нКи  $^{137}\text{Cs}$ . Эти величины значительно превышали содержание этих изотопов в коре и упавших деревьях, на которых произрастали лишайники. В плодовых телах различных видов грибов содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  оказалось примерно в 10 раз меньше, чем в теле лишайников и в образцах лесной подстилки и почвы, взятых на глубине развития мицелия.

Резкое отличие в уровне содержания радиоактивных элементов у лишайников и грибов обусловлено особенностями их развития, в первую очередь — продолжительностью их жизни. Эпифитные лишайники обычно живут несколько десятилетий и, следовательно, многие годы накапливают радиоактивные изотопы. Продолжительность жизни плодовых тел грибов ограничена всего несколькими сутками.

И. В. Молчанова, Н. В. Куликов, Е. Н. Каравеева и М. Я. Чеботина изучали миграцию радиоактивных элементов в биосеннозах болотно-речной экосистемы вблизи АЭС: в канале, через который в болото периодически сбрасывается небольшое количество дебалансных вод АЭС и промышленных стоков; в самом болоте и в реках, одна из которых вытекает из болота и затемпадает в другую. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  определялось в пробах воды, донных отложениях и в надземных частях растений.

Установлено, что почти за 15 лет эксплуатации АЭС нормированный сброс вод в болото не вызвал заметного повышения в нем содержания  $^{90}\text{Sr}$ , однако отмечено некоторое увеличение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в воде и в донных отложениях болота. Следует отметить, что обнаруженные концентрации  $^{137}\text{Cs}$  тем не менее в 100 раз ниже предельно допустимых санитарными нормами для питьевой воды. Из болота  $^{137}\text{Cs}$  практически не поступает в почвенно-растительный покров прилегающих к нему биосеннозов. В воде и грунте рек содержание этих изотопов было значительно более

низким, чем в аналогичных пробах из болота.

Радиозкологическое обследование показало, что концентрации  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в различных компонентах подавляющего большинства биосеннозов в зоне Белоярской АЭС не превышает фоновых значений, обусловленных глобальным загрязнением среды в результате радиоактивных выпадений из атмосферы.

Экология, 1981, № 6, с. 94—97; 1982, № 2, с. 45—49.



Охрана природы

## Носорог — жертва невежества

На Международной конференции зоологов, экологов и специалистов по охране природной среды, состоявшейся в 1982 г. в Национальном парке Ванки (Зимбабве), высказывались серьезные опасения за судьбу африканских носорогов. Северный подвид белого носорога (*Ceratotherium simum cottoni*) насчитывает ныне менее 700 особей, которые несут Национальный парк Гарамба (Заир) и районы южного Судана, где чрезвычайно распространено браконьерство.

Главная добыча браконьеров — рог животного: в ряде африканских и азиатских стран распространено поверье, будто порошок из рога является сильным биостимулятором, излечивает от лихорадки и простуды. Кроме того, в некоторых арабских странах по традиции украшают рогом носорога холодное оружие. Цена рога близка к цене золота.

Судьба черного носорога (*Diceros bicornis*) несколько более благополучна. Его общая численность достигает 10—15 тыс. голов. Однако во всех 18 странах Африки, где он еще встречается, тоже процветает браконьерство. За последнее десятилетие Кения потеряла из-за незаконной охоты 90% представителей этого вида, и теперь их насчитывается не более 1500 голов. Наиболее многочисленны

черные носороги в Танзании (3—4 тыс.), Замбии (2,5—3 тыс.) и Центрально-Африканской Республике (1—3 тыс.).

По-видимому, только южного белого носорога (*Ceratotherium simum simum*) можно считать вне опасности. Правда, в начале нашего века его считали вымершим. Однако затем в провинции Наталь (Южная Африка) было обнаружено несколько особей; тщательная их охрана позволила довести поголовье почти до 3 тыс. Более 600 таких носорогов находится в различных зоопарках мира.

После того как некоторое время назад цена на рог в Юго-Восточной Азии возросла за несколько лет на 2000%, виды носорога, встречающиеся на Суมาตรา, Яве и в некоторых районах Индии, оказались на грани полного исчезновения. Теперь настал черед африканских видов. По мнению руководителей Всемирного фонда охраны природы и Международного союза охраны природы и природных ресурсов, развивающимся странам должна быть оказана немедленная помощь в охране одного из редчайших на Земле видов животных. Необходимо разъяснять населению, что рог носорога не обладает целебной силой.

Ambio, 1982, v. XI, № 4, p. 202—205 (Швеция).

Геотектоника

## Базальтовые плато и тектоника

Обширные пространства континентов (Сибирь, Индостан, Южная Африка, Южная Америка и др.) сложены покровами базальтовых лав (платобазальтами). Каковы тектонические условия их образования? А. В. Пейве и А. А. Савельев (Геологический институт АН СССР) считают, что базальтовые излияния в каждом таком случае связаны с массовым зарождением в поднятиях верхней мантии очагов, в которых образуется магма.

За короткое время колоссальные пространства охваты-

ваются процессами формирования магматических очагов и покровными излияниями базальтовых магм на поверхность. Протяженность таких областей в 10—100 раз превышает вертикальный размер области, где образуется магма. Районы излияния платобазальтов совпадают с возникшими в разное время крупными тектоническими впадинами: там, где в мантии активно проходил процесс образования магмы, мантия поднималась к поверхности, а на соседних многокилометровых пространствах кора прогибалась. В связи с перемещением вещества мантии и коры в кровле мантийного поднятия кора становилась тоньше. Это сопровождалось формированием в коре трещин растяжения, рассеянных по обширной площади; по этим трещинам базальтовые расплавы поднимались к поверхности.

Таким образом, особенностью областей с покровными излияниями базальтов на больших площадях является множественное образование трещин в земной коре при ее растяжении. В связи с этим выдвигается предположение, что излияния платобазальтов происходили над обширными областями с горизонтальными дифференциальными движениями коры и нагретой до высоких температур верхней мантии. Авторы считают, что с помощью подобного механизма можно объяснить и покровные излияния базальтов на дне океана. Геотектоника, 1982, № 6, с. 5—24.

#### Гляциология

### Глубинное бурение ледника

Выполняя программу «Гренландский ледниковый щит», гляциологи США, Дании и Швейцарии завершили бурение сквозь всю толщу ледника, вплоть до коренных пород, в юго-восточном районе Гренландии. Мощность ледника составляет здесь 2037 м. Предыдущие скважины максимальной глубины (до ложа ледника) были

пробурены в 1966 г. в другом районе Гренландии, около Кемп Сенчюри (1385 м) и в 1968 г. в Антарктиде на станции Бэрд (2164 м).

Полученный ныне керн льда, состоящий из отрезков длиной по 2,2 м, диаметром 10 см, охватывает период длительностью 120—130 тыс. лет. Анализ, в том числе изотопно-кислородный, позволяет проследить колебания температуры в отдаленные эпохи, определить ход процессов формирования и разрушения оледенения.

Бурение продолжалось 7,5 месяца.

Bulletin of the American Meteorological Society, 1982, v. 63, № 1, p. 83 (США).

#### Сейсмология

### Устоят ли небоскребы!

Со времени последнего катастрофического землетрясения 1857 г. в зоне разлома Сан-Андреас, протягивающегося к востоку и северу от Лос-Анджелеса, прошло 125 лет. Ныне американские специалисты С. Рэлей, Л. Сайкес (S. Raleigh, L. Sykes; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Дозэрти), К. Сай и Д. Андерсон (K. Sieh, D. Anderson; Калифорнийский технологический институт) считают, что период относительного сейсмического покоя подходит к концу и в ближайшем десятилетии на южном участке разлома произойдет новая катастрофа.

За 213 лет наблюдений в этом районе крупных землетрясений не было. Скорость деформации земной коры составляет здесь 25—45 мм/год. Согласно гипотезе аккумуляции пластических напряжений в хрупкой литосфере, ожидается землетрясение со смещением 4 и более метров. Тревожным сигналом служит и резкий рост числа слабых подземных толчков, что в прошлом предвещало землетрясение с магнитудой более 7 баллов. Специалисты подсчитали, что если усиление сейсмической активности означает возврат к уровню, предшествовавшему 1857 г., вероят-

ность катастрофы с каждым годом возрастает на 13%.

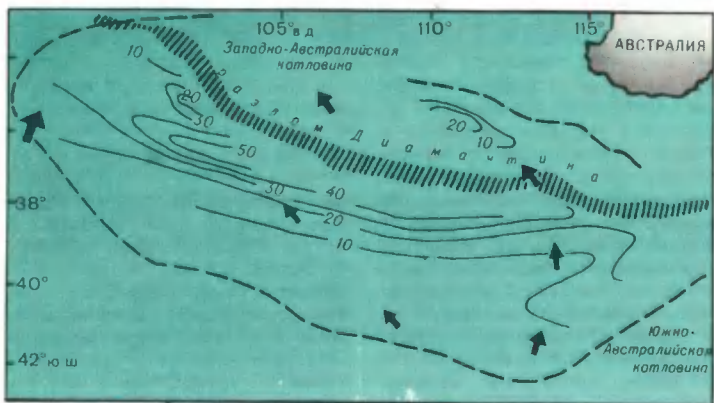
Калифорнийцам к землетрясениям не привыкать: за последние 125 лет здесь произошло 4 землетрясения с магнитудой 7,5; в несколько раз больше — с магнитудой 7,5—6,5. Толчки с магнитудой 6,5—5,5 случаются в среднем 2 раза в год. В 1933 г. такой толчок в районе Лонг-Бич (6,3 балла) унес 115 жизней и причинил убытков на 40 млн долл. Повторение в современных урбанизированных районах землетрясения 1857 г. приведет, по оценкам Совета национальной безопасности США, к гибели от 10—15 тыс. до 50 тыс. человек и убыткам в 17 млрд долл. В худшем случае землетрясение в 7,5 балла в густонаселенном районе Лонг-Бич унесет 200 тыс. жизней, причинив материальный ущерб в 69 млрд долл.

Science, 1982, v. 217, № 4565, p. 1097—1104 (США).

#### Океанология

### Новая провинция железомарганцевых конкреций

Л. Фрейкс (L. Frahe; Монашский университет, Австралия) приводит данные об одной из ранее детально не исследованных провинций железомарганцевых конкреций. Она расположена на юго-востоке Индийского океана и занимает северную часть Южно-Австралийской и юг Западно-Австралийской котловин. Эти котловины разделены крупным разломом земной коры (в рельефе дна разлом Диамантин имеет вид глубокого желоба). Зона наибольшей концентрации, или продуктивности, конкреций лежит южнее этого разлома, но распространены они там неравномерно: больше всего конкреций встречается в пределах трех наиболее глубоководных участков Западно-Австралийской котловины, причем поля конкреций вытянуты в субмеридиональном направлении. Именно по этим участкам дна, и в особенности через участок, лежащий на 113° в. д., проникают антарктические придонные водные массы в центральную



Распространение железо-марганцевых конкреций в юго-восточной части Индийского океана (оконтуренная область). Изолинии — концентрации конкреций (в %), стрелки — направление движения антарктических придонных водных масс.

часть Индийского океана. Тем самым подчеркивается важная роль глубоководной циркуляции вод в формировании залежей ценных полезных ископаемых дна океана.

Антарктические воды насыщены кислородом, и благодаря этому создаются хорошие условия для осаждения окислов металлов, что приводит к более быстрому росту конкреций.

Конкреции юга Индийского океана по своему химическому составу — концентрации ценных элементов — беднее, чем аналогичные образования высокопродуктивных центрально-тихоокеанской или же центрально-индоокеанской провинций. В частности, это выражается в несколько более низкой концентрации марганца (19%), никеля (0,73%), меди (0,31%). Содержание железа, напротив, выше, чем в тропической зоне океанов, (12%). Концентрация кобальта, который геохимически ассоциируется с железом, также довольно высокая (до 0,55%, в среднем 0,16%); она сопоставима со средними величинами, характерными для центрально-тихоокеанской (0,2%) и центрально-индоокеанской (0,12%) провинций.

Интересно, что зона, где наиболее высока суммарная кон-

центрация трех важнейших элементов — кобальта, никеля и меди, не совпадает с областью наибольшей продуктивности конкреций; она лежит вблизи южной границы распространения этих полезных ископаемых морского дна. По-видимому, именно там может в дальнейшем начаться их добыча со дна океана.

Marine Geology, 1982, v. 47, № 1/2, p. 1—10 (США).

Океанология

**«Гломар Эксплорер» — новое буровое судно**

В августе 1983 г. заканчивается последняя, четвертая фаза Проекта глубоководного бурения дна Мирового океана. Он начинался в 1968 г. как национальный проект США, а с 1975 г. был преобразован в Международный проект океанического бурения, в осуществлении которого принимали участие 9 стран. Большой вклад в выполнение программ этого проекта внесли советские ученые. На протяжении 15 лет для бурения дна использовалось судно «Гломар Челленджер», принадлежащее компании «Глобал Марин» (США).

В настоящее время в связи с новыми задачами по освоению дна Мирового океана в США разработан проект исследования континентальных окраин.

Основная цель нового проекта — изучение истории их развития и оценка перспектив нефтегазоносности. Новые задачи потребовали и новых технических средств освоения больших глубин. Для этих целей, Национальный научный фонд США приобрел судно «Гломар Эксплорер», которое будет реконструироваться в буровое судно компанией «Локхид».

«Гломар Эксплорер» значительно крупнее своего предшественника: судно достигает 189 м в длину и 35 м в ширину. Площадь его лабораторных помещений и складов составит 1750 м<sup>2</sup>. Бурение с борта корабля будет осуществляться даже в условиях довольно сильного шторма — при высоте волны до 8 м и силе ветра до 30 м/с. При дальнейшем усилении ветра и волн бурение придется останавливать, но система динамической стабилизации (включающая несколько подруливающих устройств, которые срабатывают от установленного на дне акустического датчика) все-таки будет удерживать судно над скважиной. Судно вынуждено будет покинуть район работ лишь в случае, если сила ветра и высота волн увеличатся еще в 1,5—2 раза.

Бурение глубоких скважин потребует значительного времени, поэтому специалисты рассчитывают, что судно сможет оставаться в океане более полугода. В режиме буровой платформы оно сможет работать без дополнительной заправки и заходов в порты до 300 дней. Новое буровое оборудование, которое будет смонтировано на судне, позволит оперировать с буровой колонной длиной до 10 км. Специальное приспособление будет блокировать возможный выброс нефти и газа из подводной скважины.

Переоборудование судна должно начаться в конце 1983 г. и завершиться в середине 1985 г. Еще полгода, по оценке специалистов, потребуется на доводку и освоение бурового оборудования. И только с 1986 г. «Гломар Эксплорер» будет готов к проведению регулярных работ по бурению дна океана.

Ocean Science News, 1982, v. 24, № 42, p. 1—2 (США).



## Астрономия каменного века — правда или вымысел?

В. К. Кузиков  
Москва



Дж. Вуд. СОЛНЦЕ, ЛУНА И ДРЕВНИЕ КАМНИ. Пер. с англ. П. С. Гурова под. ред. А. А. Гурштейна. М.: Мир, 1981, 268 с.

Человеческая память не совершенна. Один человек не в состоянии запомнить всех событий собственной жизни; он, естественно, не «помнит» того, что было до него. Но как только объединяются память целых поколений и зафиксированные события, мы вступаем в обитель истории — коллективную память человечества.

Человек пылив. Он вечно стремится не только вперед, но и окунается в глубь прошедшего. И в смутной дали времен перед ним раскры-

ваются пласты материальной культуры древнейших цивилизаций — то, что мы называем памятниками: часть всемирной истории. Памятники безгласны, но мы способны «оживить» их. В нашем «сегодня» кроется нечто, чему мы ищем аналогии в давно минувшем «вчера»; настоящее «поднимает» прошлое. Не зря говорят, что ключ к пониманию прошлого находится в настоящем.

Но всегда ли мы поднимаем именно тот ключ? Подчас мы вступаем в область догадок, предположений, фантазии, фантастики. И только совокупность точного расчета, научной методологии и знания истории может помочь нам в расшифровке давно произошедшего.

Книга Дж. Вуда «Солнце, Луна и древние камни» относится к числу удачных попыток найти верный исторический ключ. Трезвый расчет. Документальность. Скрупулезные выкладки. И наряду с этими достоинствами — привлечение внимания читателя к нерешенным проблемам. Сама книга и умелое, неназойливое введение редактора русского издания заставляют пытливого читателя думать. Они не ставят целью закрыть проблему; совсем напротив, всем своим содержанием книга приглашает вновь и вновь подумать над корректной постановкой проблемы изучения древнейших цивилизаций.

Начало книги посвящено истории попыток объяснить назначение Стоунхенджа и других мегалитических памятников — древних сооружений из огромных полуобработанных камней. Эта история прослеживается от первых удивленных записей до точных измерений математиков и астрономов, в результате которых возвышающийся на равнинах юго-западной Англии Стоунхендж, самая знаменитая из построек этого рода, возведенная почти 4 тыс. лет тому назад, стала рассматриваться как

обсерватория каменного века<sup>1</sup>. Дж. Обри, Э. Дюк, Н. Локьер, Ч. А. Ньюзм, Дж. Хоккинс, Ф. Хойл, А. Том — неполный перечень имен исследователей этих сооружений времен неолита и бронзы, встречающихся на всех континентах, кроме Австралии. Автор, как и его предшественники, раздумывает над тем, какими же должно было быть общество, обладавшее столь развитой астрономией.

Дж. Вуд напоминает, как совсем еще недавно археологи пренебрегали данными астрономии, а астрономы чрезмерно преувеличивали астрономическую роль доисторических памятников. И потому естественна задача: синтезировать данные и археологии, и астрономии, и математики, и физики, и метеорологии... Конечно, автор ограничивает себя «в пространстве и времени». Иначе и нельзя: история состоит из истории регионов, областей и «кусков» времени. Дж. Вуд рассказывает, как на Британские острова приходят новые поселенцы (бикеры) и как со временем «общины утрачивают интерес к величественным памятникам более ранних периодов» (с. 53). Наивно полагая, что создание исполинских сооружений под стать только сверхъестественным силам, наследники старой культуры были совсем недалеки от сознательного ее разрушения.

Трудности в исторической реконструкции событий здесь значительны: нет письменных свидетельств и есть разрыв в культурной традиции. Так начинает Дж. Вуд главу о мегалитической математике. В самом деле, читатель, — мы, люди совре-

<sup>1</sup> См.: Гурштейн А. А. Обсерватория каменного века. — Природа, 1968, № 10, с. 99; Ефремов Ю. Н. Над бездной веков и культуры. — Природа, 1973, № 7, с. 122.

менности, обладаем «лестницей», по которой можно спуститься в глубь истории. Но сплошь и рядом на ней отсутствуют ступени, и мы остаемся нависая над недоумением, не зная, куда ставить ноги. Мы теряем опору и начинаем фантазировать. Именно подобный разрыв, отмечает Дж. Вуд, не позволяет большинству из нас увидеть, что общество, столь отдаленное от нас по времени, обладало сложными представлениями и своеобразной техникой и математикой. «Не так-то легко преодолеть в себе привычные стереотипы современного мышления» (с. 55). Геометрия мегалитических сооружений поражает нас тем больше, чем больше укоренилась в нас мысль о том, что мы ушли слишком далеко в своем развитии.

От математики и геометрии — шаг к астрономии. Люди Стоунхенджа и других мегалитических сооружений отмечали точки восхода и захода Солнца, следили за его появлениями над горизонтом. Могли предсказывать затмения. В равной степени это относится и к Луне. И началось все это, указывает автор, с переходом к сельскому хозяйству, когда возникла необходимость планирования сельскохозяйственного года. В раннем неолите подобные наблюдения были связаны еще и с культом мертвых.

Итак, точки восхода, захода Солнца и Луны отмечались особыми камнями — визирами. Дж. Вуд, как и его предшественники, употребляет при этом слово «обсерватория», хотя в традиционном представлении обсерватории предназначены для изучения светил, неба. Неолитические же сооружения только фиксировали положения Солнца и Луны. Но для чего? Для создания календаря. После 1500 г. до н. э. солнечные и лунные обсерватории уже не «работают». Вероятно, отмечает Дж. Вуд, отчасти потому, что с изменением климата стали значительно хуже условия наблюдения неба. Но главная причина в том, что возник «новый образ жизни».

Автор показывает, что несколько позднее древние астрономы уже производили сложные вычисления склонения Лу-

ны, при этом он говорит об их способности к экстраполяции, а также объясняет значение каменных вееров — «счетных устройств раннего бронзового века». Можно дать волю воображению и попытаться восстановить логический путь астрономов бронзового века. Реальность же такова: мы имеем перед собой остатки вееров и решеток из камней. В конце книги автор справедливо отстаивает идею местного происхождения геометрии и астрономии мегалитов и оправданно утверждает, что уровень инженерных сооружений не может не соответствовать и уровень знаний в области геометрии и математики. «Мы открываем первые следы развития науки в одном из самых замечательных периодов истории человечества» (с. 252).

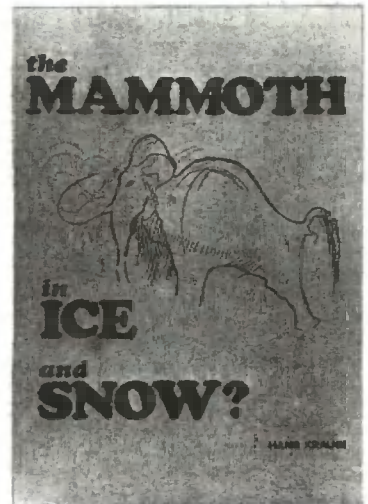
В заключение напомним, что эпоха неолита и бронзового века принципиально отлична от последующих эпох. У магов и заклинателей последующих поколений могло возникать предположение, что не камни мегалитических «обсерваторий» располагались именно так, как ходили Солнце и Луна, а светила совершали свой путь по предначертаниям гигантских сооружений. Великие боги Земли, воплощенные у язычников в том числе и в камнях, повелевали ходом Солнца и Луны, «ловили» их на их пути. Солнце и Луна 4000 лет тому назад были значительно «меньше», чем они есть на самом деле. И великие камни Земли могли повелевать ими. Солнце и Луна, «пойманные» мегалитическими сооружениями, освящали земные события своим небесным авторитетом. И в подобном контексте нельзя исключить, что и североморские лабиринты (спиралевидные сооружения из камней на Белом море), например, тоже «ловили» небесных «рыб», «животных», выплывавших из океана и скрывавшихся в нем.

Разумеется, вышесказанное есть тоже не что иное, как еще одна попытка найти ключ к древним памятникам. Весьма проблематичная. Но важно то, что книга Дж. Вуда стимулирует подобные попытки. Мне кажется, все, кто занимается приращением нашей коллективной памяти — истории, прочи-

тав книгу, продолжают поиски ключей к древнейшей истории человечества. Ведь при всей своей бывшей однозначности прошлое в нашей интерпретации многовариантно.

## Мамонты и ... «всемирный потоп»

Академик М. С. Гиляров  
Москва



H. Krause. THE MAMMOTH IN ICE AND SNOW? Stuttgart, 1978, 108 S.

Автор этого своеобразного обзора по мамонту, знакомившийся с коллекциями останков мамонтов в разных музеях мира и с его изображениями в пещерах Франции, Испании и других материках, приходит к отрицанию возможности существования мамонтов в суровых климатических условиях. Характеризуя адаптацию мамонта к жизни в суровых температурах высоких широт, разбираемые, в частности, Пфизенмайером (Pfezenmayer E. W. Mammulleichen und Urwaldmenschen. Leipzig, 1926), Г. Краузе

ставит под сомнение известное экологическое обобщение («правило» Аллена), согласно которому у близких форм млекопитающих придатки тела и конечности в высоких широтах короче (что экономит теплоотдачу), чем в более теплых местностях (в жарком климате повышение теплоотдачи физиологически выгодно теплокровным). Разбирая классический пример лис, Г. Краузе указывает, что у амазонского *Atelocynus microtis* уши короткие, как и у полярного *Lepus lagopus*. Среди зайцеобразных длинноухий *Lepus townsendi*, переносящий низкие температуры, имеет такие же уши, как *L. californicus*, приспособленный к жаре, а тропический, живущий в Суматре *Nesolagus netscheri* имеет короткие уши. Показывая нарушение правила Аллена, Г. Краузе заключает, что более короткие, чем у наших слонов, уши мамонта — не адаптация к низким температурам. Обсуждая адаптивное значение относительно коротких ног мамонта (по сравнению с современными слонами), Г. Краузе снова обращается к лисам и указывает, что у песка *Lepus lagopus* ноги длиннее, чем у других лис, хотя по правилу Аллена должны быть короче, чем у лис теплых стран, а у зайцев разных широт — ноги примерно одинаковой длины.

Переходя к такому признаку, как более короткий, чем у слонов, хвост у мамонта, Г. Крау-

зе подчеркивает, что у *Vulpes velox* (лиса жарких пустынь Мексики) хвост короче, чем у более северных видов. Г. Краузе отрицает справедливость правила Аллена вообще и на этом основании утверждает, что короткие придатки тела мамонта нельзя рассматривать как адаптацию к холодному климату. При этом он забывает, что Алленом сформулирован не закон, а правило, т. е. закономерность, знающая исключения.

Решающий момент в аргументации автора книги — волосняной покров. Г. Краузе полагает, что подшерсток у мамонта был слишком короток (до 17 мм), а длинные защитные волосы слишком редкими, чтобы предохранять от холода. Отсутствие сальных желез в коже мамонта (как и других слонов) делало шерсть мамонта легко смываемой, под снегом превращавшейся в ледяную корку, без необходимых для защиты от теплоотдачи воздушных прослоек. Поэтому, отмечает автор, мамонт не был защищен от холода своим волосным покровом. Отрицает Г. Краузе и защитное от холода значение слоя подкожного жира, указывая, что современные полярные наземные животные зимой далеко не всегда имеют жировую прослойку. Клыки мамонта, говорится в книге, не могли служить для разгребания снега, как полагает В. Е. Гаррут, так как ломались бы об находившиеся под снегом камни.

Общий вывод автора таков, что мамонты не могли жить в условиях климата, близкого к сибирскому. Данные о питании мамонта, полученные на основе изучения березовского мамонта, на зубах и в желудке которого В. Н. Сукачев обнаружил остатки растений, характерных для лугов нижнего течения Лены, ускользнули от внимания Г. Краузе.

По мнению автора книги, мамонты жили в теплом климате, а в Сибирь попали в результате «всемирного потопя». Здесь Г. Краузе ссылается на авторитет... Библии. Свой обзор он заканчивает пересказом поверья, существовавшего у русских поселенцев Восточной Сибири начала XVIII в. (оно приводится у Пфизценмайера): «Во время потопа их затонувшие тела плавали на воде и оказались вымытыми в грунт. После потопа область, которая раньше была теплой, стала холодной и грунт промерз». Надо добавить, что это случилось, очевидно, так быстро, что трупы березовского мамонта и мамонтенка «Димы», «погибших при потопе», вмерзли в грунт и не успели даже разложиться!

Книга Г. Краузе откровенно переключается с американским «научным креационизмом». Она демонстрирует еще один пример заранее обреченной на неудачу попытки теолога использовать данные естествознания для подкрепления библейских легенд.



#### Астрономия

К. Томта. БЕСЕДЫ О КОМЕТАХ. Пер. с япон. Под ред. В. С. Стрельницкого. Предисл. К. И. Чурюмова. М.: Знание, 1982, 320 с., ц. 60 к.

На долю комет приходится всего 0,0003% общей массы тел Солнечной системы; тем не менее предполагается, что их исследование может дать уникальную информацию о ранних этапах ее эволюции.

Долгое время казалось, что появление комет не подчиняется никаким закономерностям. Это неожиданное и впечатляющее зрелище вызывало суеверный страх и часто воспринималось как зловещее предзнаменование. Можно сказать, что мифы, связанные с кометами, окончательно потеряли свою почву в 1758 г., когда блестяще подтвердился гипотеза о периодичности кометы

Галлея и стало совершенно ясно, что кометы — реальные объекты, подчиняющиеся законам небесной механики.

Однако в кометах еще много загадочного и для нас. Идут дискуссии относительно их происхождения, не разгадана природа «родительских» молекул кометных ядер. Да и сами ядра комет до сих пор никто не наблюдал — этому мешает окружающая ядро светящаяся

материя, непрерывно истекающая из них.

Чем раньше мы наблюдаем комету, тем больше получаем сведений относительно ее развития и взаимодействия с межпланетной средой. Поэтому наблюдение и поиски комет на небе представляются делом чрезвычайно важным для науки. И здесь большую пользу приносят астрономы-любители. Им, в первую очередь, и адресована книга известного японского астронома К. Томиты. Она знакомит с методами поисков и наблюдения комет, с используемыми при этом астрономическими приборами. В ней рассказывается, как определять точное положение комет на небосводе, как рассчитывать их орбиты. Даются сведения о строении и особенностях комет как небесных тел. И, конечно же, читателя ждет увлекательный и подробный рассказ о богатой истории наблюдений за кометами.

Многие еще помнят появление комет Когоутека (1973—1974 гг.) и Веста (1975—1976 гг.). Сейчас мы ждем уже новую гостью — комету Галлея, которая появится в 1986 г. В связи с этим книга «Беседы о кометах» может вызвать большой интерес у самого широкого круга читателей и дать импульс тем из них, кто сам захочет заняться увлекательным и полезным делом — «охотой за кометами».

#### Астрономия

У. Кауфман. ПЛАНЕТЫ И ЛУНЫ. Пер. с англ. С. В. Мавевой. Под ред. В. В. Шевченко. М.: Мир, 1982, 216 с., ц. 70 к.

Уильям Дж. Кауфман — директор Гриффитской обсерватории в Лос-Анджелесе, специалист в области астрономии, космологии и теории относительности, научный консультант по программе полетов американских космических аппаратов «Викинг» на Марс. У. Кауфман уделяет большое внимание популяризации научных знаний: его перу принадлежат такие научно-популярные книги, как «Звезды и туманности», «Галактики и квазары», «Черные

дыры и искривленное пространство — время».

Очередная популярная книга У. Кауфмана посвящена непосредственному изучению планет Солнечной системы и их спутников с помощью космической техники. В основном изложены результаты полетов американских космических аппаратов «Маринер», «Викинг», «Вояджер», а также советских станций «Венера». Вначале идет рассказ о четырех ближайших к Солнцу (внутренних) планетах — Меркурии, Венере, Земле и Марсе, затем о планетах-гигантах Юпитере и Сатурне с системой их спутников и, наконец, о дальних планетах — Уране, Нептуне и Плуtone. Отдельная глава посвящена «межпланетным скитальцам», как называет автор малые тела Солнечной системы — астероиды, кометы и метеориты. Рассматриваются различные гипотезы возникновения этих тел.

Наряду с космическими снимками небесных объектов в книге приводятся прекрасные фотографии, полученные с помощью наземных телескопов.

#### Биология

А. К. Скворцов. МИКРОЭВОЛЮЦИЯ И ПУТИ ВИДООБРАЗОВАНИЯ. М.: Знание, сер. «Биология», 1982, № 9, 64 с., ц. 11 к.

Теория эволюции до сих пор остается ареной непрекращающихся дискуссий среди биологов. Один из наиболее спорных вопросов состоит в соотношении процессов микро- и макроэволюции<sup>1</sup>, а именно в том, тождественны ли их механизмы, или же макроэволюция — это особый процесс со своими собственными закономерностями.

С дарвиновской позиции, которой придерживается автор

книги, макроэволюция является прямым продолжением микроэволюции и механизмы их едины, а значит изучение микроэволюции может дать представление об эволюции в целом. Вот почему проблема микроэволюции занимает сейчас одно из центральных мест во всей биологии.

В настоящее время можно выделить три основных подхода к изучению микроэволюции: с позиций эколога и натуралиста; с популяционно-генетическими; с молекулярно-генетическими позиций. Каждое из этих направлений сегодня активно разрабатывается, но, несмотря на тесную связь, они достаточно самостоятельны. Как ботаник и натуралист, автор книги рассматривает микроэволюцию в основном на уровне целых организмов и популяций, затрагивая другие подходы лишь отчасти.

Изложению современных проблем микроэволюции предшествует рассказ о первых шагах теории эволюции с выделением главных этапов ее формирования. Большое место занимают в книге вопросы видообразования, внутривидового многообразия, индивидуальной, экологической и географической изменчивости. Особое внимание уделяет автор неясному до сих пор понятию вида, предлагая читателю его общую генетическую модель.

Сама обсуждаемая проблема, ясное и четкое изложение, а также множество наглядных примеров делают брошюру интересной для самого широкого круга читателей.

#### Биология

ФЛОРА НА НАРОДНА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ. Том 8. София: Изд. на Българската Акад. на Науките, 1982.

Вышел очередной том фундаментальной сводки по флоре сосудистых растений Болгарии. Издание было начато в 1963 г. под руководством и под редакцией видного болгарского ботаника академика Дами Йорданова, а после его недавней смерти продолжается под редакцией профессора Велчо Велчева. Том 8 содержит семейства

<sup>1</sup> Макроэволюцией принято называть крупномасштабные процессы, протекающие в рамках времени, значительно превышающих возможную длительность наблюдений; микроэволюцией — процессы, происходящие в сроки, соизмеримые с нашими наблюдательными возможностями.

(по системе Энглера) от Зонтичных до Повиликовых — около 300 видов; почти все виды представлены на иллюстрациях. Все издание будет содержать, вероятно, томов 12. Не только для специалистов, но и для широкого круга людей, интересующихся богатейшим растительным миром Болгарии, это сочинение будет незаменимым справочным пособием.

### Биология

**В. Г. Борзенков. БИОЛОГИЯ И ФИЗИКА** (Логико-методологический анализ развития биологического знания). М.: Знание, сер. «Биология», 1982, № 10, 64 с., ц. 11 к.

Успехи современной биологии во многом обусловлены применением методов физики и химии. Это объясняет интерес к соотношению биологии и физики (и химии) — проблеме, ставшей сегодня центральной в размышлениях о сущности жизни и природе биологического знания. Из всей совокупности возникающих здесь вопросов в брошюре рассматриваются два: сводимы ли биологические явления к физическим и химическим; является ли биология автономной наукой.

Автор показывает и рациональность, и ограниченность разбираемых методологических концепций. С его точки зрения, современное познание жизни можно охарактеризовать как ярко выраженный процесс взаимодействия различных наук, в результате которого каждая из них приобретает черты зрелости.

### Геология

**Томп Уэлтэм. КАТАСТРОФЫ: НЕИСТОВАЯ ЗЕМЛЯ.** Пер. с англ. Т. И. Васильевой под ред. А. Н. Олейникова. Л.: Недра, 1982, 223 с., ц. 1 р. 30 к.

Научно-популярная книга Энтони Клайва Уэлтэма, читающего курс лекций по геологии в Тринити-институте политехнического института (Роттингемшир, Англия), посвящена актуальной проблеме взаимоотношений человека и природы. Круг освещаемых в ней вопросов весьма обширен: от планетарных процессов — движения блоков земной коры по разломам, динамики сейсмических поясов и связанных с ними проявлений вулканизма, землетрясений, цунами — до узлокальных, обусловленных подчас неудачной прокладкой местной системы водоснабжения, непродуманной застройкой территории и т. п.

Описывая ряд всемирно известных природных катастроф и их тяжелые последствия, автор раскрывает причины таких явлений, указывает способы их прогнозирования и возможные меры защиты.

Камнепады, обвалы, наводнения, проседания и обрушения грунтов, опасные воздействия подземных вод — в каждом случае автор анализирует геологические факторы, явившиеся первопричиной этих больших и малых катастроф, оценивает нанесенный ущерб, дает рекомендации, как организовать контроль, позволяющий предвидеть возможность будущей опасности.

Книга позволяет лучше понять подлинные причины природных катастрофических явлений, определить степень ответственности за них как человека в целом, так и специалистов.

В конце книги для читателей, незнакомых со специальной терминологией, приведен толковый геологический словарь, а для тех, кто хотел бы ознакомиться с рассматриваемыми вопросами более детально, — список основной специальной литературы.

### География

**В. Малов. ЛЕГЕНДЫ ВЕДУТ К ОТКРЫТИЯМ.** М.: Просвещение, 1982, 144 с., ц. 30 к.

«Ступи на остров в том или ином месте и иди к подножию горы, не забывая на время пути о том, что нельзя оборачиваться, иначе источник утратит для тебя свою чудесную силу. Настанет момент, и леса расступятся, и перед тобой откроется ровное место. Там и бьет этот источник, дающий вечную молодость», — гла-

сила легенда. Отправившись на поиски этого чудесного источника, губернатор о-ва Пуэрто-Рико открыл совсем не то, что искал, — он открыл Флориду и Гольфстрим. Так легенда «подстегнула» человеческую любознательность. Автор рассказывает об аналогичных обстоятельствах, связанных с открытием Мексики Э. Кортесом, Амазонки Ф. Орельяной, картофеля У. Рели, о поисках знаменитой «сказочной» страны Эльдорадо, которые привели к исследованию внутренних областей Америки.

### Минералогия

**Н. Б. Абакумова, Д. П. Григорьев, Е. В. Давыдов, В. С. Кормилицын, О. А. Соболев. ЦВЕТНЫЕ КАМНИ, МИНЕРАЛЫ И РУДЫ В МУЗЕЯХ ЛЕНИНГРАДА.** Под ред. Д. П. Григорьева. Л.: Наука, 1982, 82 с., ц. 85 к.

Эту книгу ждали все, кому довелось слышать лекции Д. П. Григорьева или Н. Б. Абакумовой по цветному камню Эрмитажа, по экспозициям Минералогического музея Ленинградского горного института им. Г. В. Плеханова, все, кто вынес надолго остающийся в памяти впечатления от обширных коллекций Центрального научно-исследовательского геологоразведочного музея им. Ф. Н. Чернышева в Ленинграде.

Три музея, три крупнейшие собрания минералогических шедевров природы и шедевров камнерезного и ювелирного искусства. Каждый из музеев имеет свой характерный профиль, а вместе они дают разностороннюю и полную информацию о мире камня. Соответственно и рассказ о каждом из них строится по-разному.

Особенно привлекают специалиста-минералога страницы, посвященные произведениям камнерезного искусства в залах Эрмитажа. Грандиозные по размеру и блестящие по исполнению вазы, столешницы, пилястры колонн предстают перед нами совершенно заново, увиденные глазами минералог-онтогенета. Рассказ об экспозициях Минералогического музея Горного института, тесно увязанный с курсом лекций по минералогии, читаемым в инсти-



туте, знакомит нас с разнообразными аспектами минералогии. В этом разделе книги авторы ведут повествование как о научной ценности этого минералогического собрания, акцентируя внимание на отдельных уникалах и шедеврах музея, так и о достоинствах самого здания ЛГИ и отдельных залов музея — выдающегося памятника архитектуры XIX в., построенного по проекту архитектора А. Н. Вороникина и щедро украшенного барельефами, скульптурами и фресками крупнейших мастеров XIX в.

Рассказ о Центральном научно-исследовательском музее им. Ф. Н. Чернышева, расположенном в монументальном здании на Среднем проспекте Васильевского острова, составляет третий раздел книги. Авторы последовательно знакомят читателя со всеми видами полезных ископаемых, составляющих минеральную базу промышленности нашей страны. Необходимо добавить, что книга богато иллюстрирована цветными изображениями экспонатов всех трех представляемых в ней музеев. Текст дается на двух языках: русском и английском.

#### История науки

И. Кеплер. О ШЕСТИУГОЛЬНЫХ СНЕЖИНКАХ. Пер. с лат. Ю. А. Данилова. Сост. Ю. А. Данилов. Отв. ред. Я. А. Смородинский. М.: Наука, 1982, 192 с., ц. 65 к.

Книга состоит из четырех различных по жанру произведений великого немецкого астронома и естествоиспытателя И. Кеплера (1571—1630). Она знакомит нас с той гранью его творчества, которая известна далеко не каждому — с его научно-художественной прозой. Впервые публикуемые на русском языке, эти произведения открывают нам Кеплера-писателя.

«Новогодний подарок, или О шестиугольных снежинках» — изящный трактат, посвященный; казалось бы, узкому вопросу — причине образования шестиугольной, и только шестиугольной формы снежи-

нок. В нем содержатся блестящие догадки относительно геометрии и природы кристаллических структур вообще. Недаром В. И. Вернадский назвал это произведение «первой научной работой по кристаллографии».

«Разговор с звездным вестником, недавно ниспосланным смертным Галилео Галилеем, падуанским математиком» — развернутая рецензия на «Звездный вестник» Галилея. В ней воздвигается должное работам собрата по науке, излагаются собственные взгляды по различным вопросам астрономической оптики.

Следующее произведение — «Сон, или посмертное сочинение по лунной астрономии» — по праву можно причислить к столь популярному в наши дни жанру научной фантастики. Это первое в истории астрономии сочинение, в котором явления описываются такими, какими их видит наблюдатель, находящийся на Луне. В канву фантастического сюжета вплетено множество достоверных астрономических данных.

И, наконец, небольшое по объему произведение «О себе». Это гороскоп, составленный для себя 26-летним Кеплером и содержащий элементы психологического самоанализа.

Знакомство с научно-художественными произведениями, написанными более трех веков назад, — занимательное, но подчас нелегкое чтение. И здесь читателю может стать чрезвычайно полезным комментарий автора перевода, которым снабжены все опубликованные в книге произведения Кеплера.

#### История науки

Б. Г. Кузнецов. НЬЮТОН. М.: Мысль, сер. «Мыслители прошлого», 1982, 174 с., ц. 25 к.

«Ньютон родился в 1643 г., через год после смерти Галилея, а умер в 1727 г., когда уже родился Кант», — так начинается первая глава этой книги, которая написана известным историком науки и интересна многоаспектным анализом фигуры Ньютона.

Этот анализ построен на большом числе сопоставлений и параллелей из области истории физики и философии. В тексте встречается много великих имен. Но поминаются они не всуе: Ньютон органично вписан Б. Г. Кузнецовым в общую картину развития науки и культуры. В книге представлены направления общественной мысли, отобразившие, по мнению автора, вышедшее за рамки естествознания влияние Ньютона. Одно из них — учение физиократов («сторонников власти физических закономерностей»), возглавляемое Ф. Кенэ (хирургом маркизы Помпадур, а затем придворным врачом Людовика XV), который развивал идею «естественного порядка», единого закона, господствующего и в природе, и в мире человеческих эмоций. Автор книги показал также отблеск идей Ньютона в системах Вольтера и Сен-Симона, в космогонии Канта и в философии Гегеля. Но это — только небольшой участок фона, на котором предстала небогатая острыми коллизиями жизнь создателя аксиом движения, теории тяготения и дифференциального исчисления. Описаны его увлечения алхимией, политические и религиозные пристрастия, работа в должности хранителя Монетного двора, президентство в Лондонском королевском обществе. Внешне Ньютон был, как его рисует Б. Г. Кузнецов, человек «без резко очерченной индивидуальности, которую так часто ждут от гения и так редко встречают... Он был типичным англичанином второй половины XVII и начала XVIII века».

Наряду с другими в книге обсуждаются и такие вопросы: «Кем был Ньютон — теистом или деистом?», «В каком возрасте Ньютон сделал свои главные открытия, и как вообще зависели от возраста ученого его творческий потенциал и характер его научной деятельности?»

## Вольволон — недавно открытый пептидный гормон эпифиза

О. Г. Иверсен

Институт патологии,  
Университет Осло, Норвегия

Олаф Гильмар Иверсен, физиолог из Осло, как читатель может судить по опубликованной в этом номере статье В. М. Ковальсона «В поисках гормона сна», имел немало оснований для предлагаемой здесь статьи-пародии, впервые опубликованной в строго научном журнале «Canadian Medical Association Journal» (April 1, 1982, v. 126, p. 757).

Автор как бы играет с читателем в известную с детских лет игру: «посмотри картинку — найди ошибку» [с чем теперь сталкиваются нейробиологи, исследуя нейробиохимические фено-

мены]. Некоторые моменты этой игры заметны невооруженным глазом [например, путаница в описании эпифиза, «доподлинные» рисунки Леонардо и Декарта, репрезентативная библиография и т. д.], другие разглядеть не так просто. Но, видимо, такую задачу и ставил автор перед читателем, и мы, заканчивая на этом редакционный комментарий, не хотим лишать читателя удовольствия разобраться во всем самому.

Статья перепечатывается с несущественными сокращениями с любезного согласия автора и издателя.

Шишковидная железа уже многие века находится в самой середине человеческой головы. Эту железу еще называют эпифизом, поскольку она располагается у основания мозга, недалеко от пересечения оптических нервов. Эпифиз получает импульсы из гипоталамической области и, как говорят, стимулируется светом. Декарт предполагал, что эпифиз является вместительным душой, так как занимает центральное положение в мозге. У ящерицы гаттерии (*Sphenodon punctatus*), одного из самых примитивных пресмыкающихся, теменной орган, который тесно связан с эпифизом, простирается до дорзальной поверхности головы и образует теменной, или третий, глаз. Это подтверждает теорию, что шишковидная железа имеет какое-то отношение к реакции на свет и таким образом участвует в регуляции половой активности. В северных странах, где в конце весны — начале лета наступают белые ночи, дети обыкновенно рождаются в феврале, марте или апреле.

До сравнительно недавнего времени шишковидную железу у млекопитающих рас-

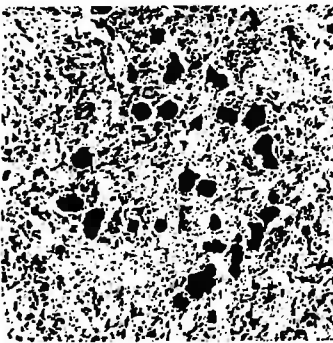


Рис. 1. Эпифиз с кальцинированными включениями [мозговой песок]. [С любезного разрешения Эверетта Андерсона и компании «Липпинкотт».]

считывали как рудиментарный орган, не несущий никакой важной функции у взрослых животных. Дело в том, что эпифиз имеет максимальный размер в детстве и затем постепенно уменьшается. В эпифизе можно обнаружить небольшие кальцинированные зерна, называемые мозговым песком (рис. 1). Этот песок обычно рассматривают как результат дегенерации, не имеющий никакой другой фун-

кции, кроме служения удобным ориентиром для радиологов.

Однако подобные взгляды теперь отвергнуты<sup>1</sup>. Было ясно показано, что во сне эпифиз не дремлет, а выполняет важную функцию: он влияет на сновидения и регулирует все движения в постели.

Сон — один из главных видов деятельности человека; как известно, мы проводим в постели треть жизни. Традиционно сон рассматривался как состояние расслабления и покоя, но недавние исследования показали, что сон включает в себя как физическую, так и психическую активность. Очень немногие люди остаются полностью неподвижны во сне. Зигмунд Фрейд утверждал, что во сне сохраняется интенсивная психологическая активность, так как почти все люди в сновидениях бессознательно пытаются разрешить свои проблемы.

В последние годы получены доказательства, что во время сна и сновидений, особенно во время сна с быстрыми

<sup>1</sup> Ham A. W. Histology. Philadelphia, 1969, p. 829.



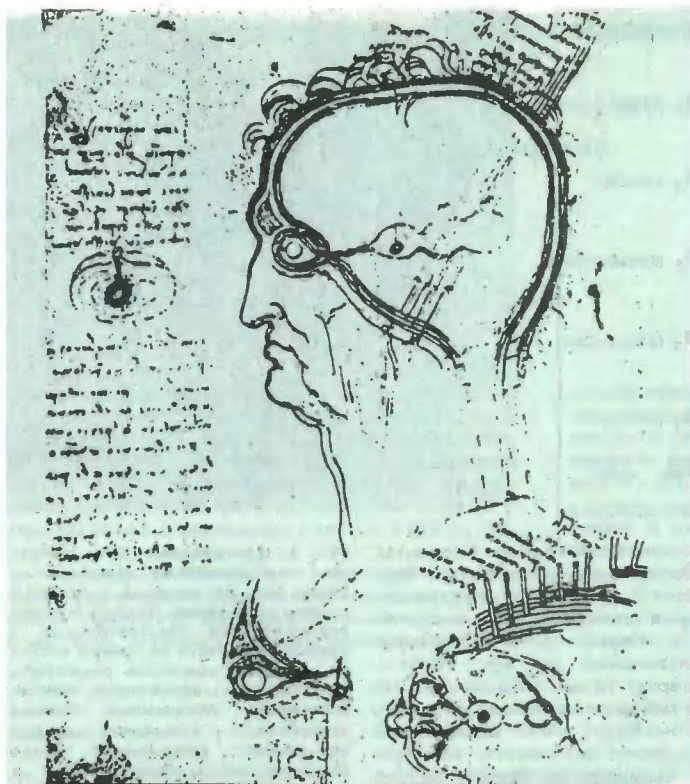


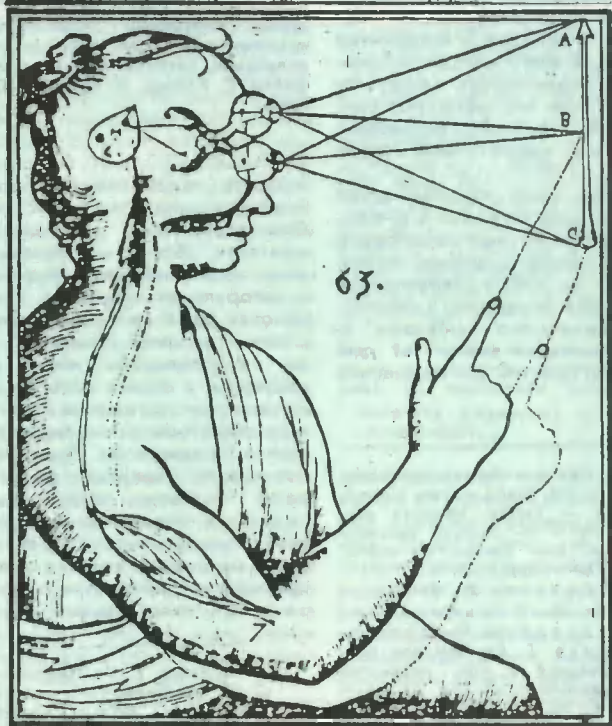
Рис. 4. Рисунок Леонардо да Винчи, ясно показывающий эпифизарную цистерну с маятником.

Рис. 5. Рисунок Декарта, иллюстрирующий, как эпифиз управляет мозговыми центрами движений глаз и тела, а также цистернальное пространство с маятником.

переворота спящий остается на левом боку еще минут двадцать. За это время маятник медленно опускается на левую сторону цистерны и стимулирует рецепторы, регулирующие D-вольволон. Тогда спящий переворачивается направо.

Исторические исследования показывают, что уже Леонардо да Винчи<sup>5</sup> (рис. 4) имел твердое представление об этой проблеме, а Декарт<sup>6</sup>, несомненно, знал основные факты, когда он описывал важность эпифиза для движений глаз и тела, ясно изобразив эту железу на одном из своих рисунков (рис. 5).

Если человек лежит в постели и не в силах уснуть, небольшие количества вольволона выбрасываются через нерегулярные интервалы. Это приводит к сучению ногами и частому изменению положения тела. Особенно этим страдают в пожилом возрасте, что может быть связано с отложением в эпифизе мозгового песка. По существующей на этот счет теории, мозговой песок в эпифизе — это не дегенеративный феномен, а результат воздействия Песочного человека<sup>7</sup> в детстве. Этот песок, по-видимому, поступает в эпифиз через лимфатические узлы и частично может оставаться



<sup>5</sup> Да Винчи Л. (со специальной ссылкой на П-вольволон: «стыдно смотреть, как достойный Гомер клюет носом»). Флоренция — Милан, изд-во «Папирус», 1496.

<sup>6</sup> Декарт Р. Как спать на обоих ушах: руководство для направления духа. Париж, Издательство, 1628.

<sup>7</sup> «Это такой злой человек, который приходит за детьми, когда они упрямятся и не хотят идти спать, он швыряет им в глаза пригоршню песку... а потом кладет ребят в мешок и относит на луну...» Гофман Э. Т. А. Песочный человек. (Прим. пер.).

в эпифизе людей пожилого возраста из-за нарушения функции макрофагов.

Хорошо известно, что в различных эндокринных системах могут возникать острые кризы: например, кальцифилаксия в системе кальцитонин — паратгормон — витамин D, или острая гипогликемия в инсулиновой системе. Кризы могут также возникать и в системе вольволона. При этом большие и нерегулируемые количества превольволона выбрасываются в кровоток и вызывают ночные кошмары, сопровождающиеся повышенной мышечной активностью и заметной локализацией. Подобные кризы описаны и в ветеринарии. Например, возбуждение и беспокойство у жеребцов при ночных кошмарах. Владельцы собак также часто наблюдают, как во сне их четвероногие друзья подергивают лапами, при этом стереофонически потягиваясь. Это рассматривается как доказательство наличия у собак сновидений, хотя Фрейд<sup>8</sup> не преуспел в их анализе. Недавние исследования показали, что домашние собаки не знают настоящих сновидений и их движения во сне — это только проявление действия вольволона.

Почти наверняка существует передняя (П) и задняя (З) формы вольволона. Центры мозга, управляющие мышцами шеи, особенно чувствительны к этим формам. Многие замечали, что голова неудержимо падает вперед или назад во время лекций или церковных проповедей. Эти произвольные приступы сна в напряженном сидячем положении вызываются другим недавно открытым пептидным гормоном, названным соматослипином<sup>9</sup>.

«Соматослипин — полипептид, выделенный недавно из гипоталамусов 4 675 000 фламинго. Предварительные дан-

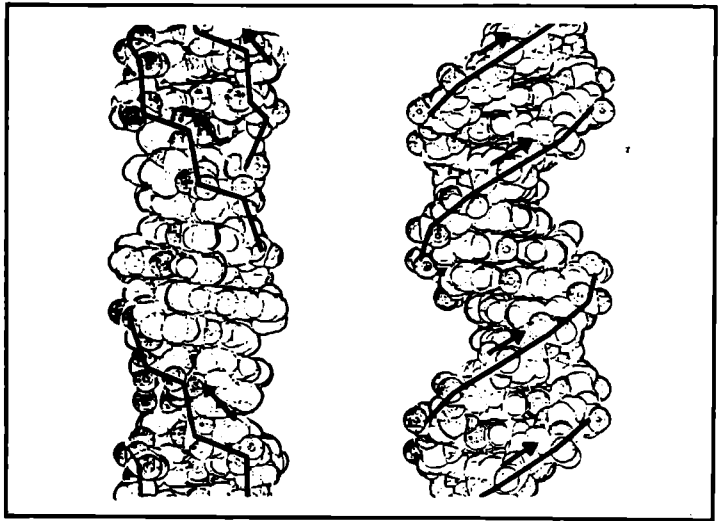


Рис. 6. Ван-дер-ваальсовские диаграммы лево- и правозакрученной ДНК, представляющей кодоны для двух форм вольволона. Ломаная линия, проведенная от фосфата и фосфату, показывает зигзагообразное направление сахарофосфатной цепи, которая закручена в противоположных направлениях у соответствующих форм вольволона. (Воспроизведено с разрешения А. Уанга и Американской ассоциации развития науки.)

ные указывают на наличие идентичного белка в экстрактах ткани человеческого гипоталамуса, полученных при биопсии... Первый подъем уровня соматослипина наблюдается утром одновременно со звонком будильника... Затем наступает постепенное снижение уровня соматослипина, связанное с потреблением 250 мл кофеинизированного напитка. Утренний подъем уровня соматослипина, отмеченный выше, слабее выражен у больных эндогенной депрессией и отсутствует у хирургов... Хотя хронические гиперсоматослипинемические состояния часто наблюдаются при нарколепсии, пиквикском синдроме и у студентов-медиков III курса, состояние первичного гиперсоматослипинемизма пока не описано<sup>10</sup>.

Центральный маятник в эпифизе зафиксирован в цистер-

не так, что когда пытаешься смотреть на лектора или проповедника или следить за тем, что он, или она, говорит, происходит надавливание на заднюю стенку цистерны. Это вызывает секрецию П-вольволона, и голова падает вперед. Это открытие было сделано в Институте по изучению билатеральных движений во время сна в Университете Осло (Норвегия)<sup>11</sup>. П- и З-формы вольволона пока не выделены, но будут почти наверняка расшифрованы в не столь уж отдаленном будущем, так как я собираюсь заняться этим сам. П- и З-вольволоны имеют важное значение для тех, кто спит на спине или на животе.

Было точно установлено не только химический состав вольволона, но и структура гена, его кодирующего. Интересно, что анализ дифракции рентгеновских лучей показал, что структурные гены L- и D-форм вольволона образуют в кристалле лево- и правозакрученные двуспиральные структуры Z-ДНК<sup>12</sup>. Это открытие было вынесено на обложку журнала «Science» в январе 1981 г.

<sup>8</sup> Фрейд З. Краткое введение в общее учение о сне и толковании сновидений в 32-х т. Карманное издание, Изд-во «Шляфшпрингер», Вена, 1905.

<sup>9</sup> Hou S. H., Molitch M. E. Somatosleepin. — J. Irreproducible Results, 1980, v. 26, p. 15—16.

<sup>10</sup> Цит. по: Sleep Bulletin, 1980, № 193, p. 9.

<sup>11</sup> Иверсен О. Г. Биохимическое исследование поворотных точек сна. — Экспер. исслед. сна, 1981, т. 26, с. 12.

<sup>12</sup> Wang A. H. — J., Quigley G. J., Kolpak F. J., Warel G. van der, Boom J. H. van, Rich A. — Science, 1981, v. 211, p. 171.



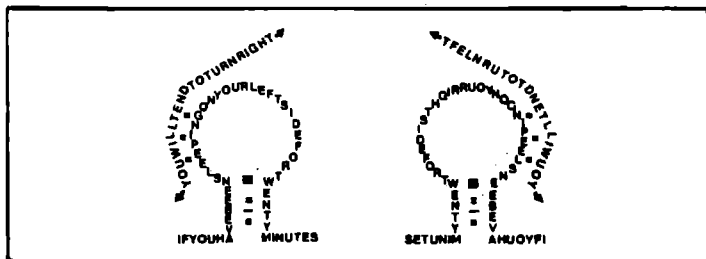


Рис. 7. Вторичные структуры, предсказанные для фрагментов вольвоновых РНК. [Очень волевое воспроизведение с разрешения П. М. Хобарта и Американской ассоциации развития науки.]

(рис. 6), и группа авторов назвала обе формы В-ДНК (право-закрученная) и Z-ДНК (лево-закрученная).

Впоследствии вторичная структура кодона инициации трансляции для каждой из двух нуклеотидных последовательностей была предсказана на основе известной ДНК-последовательности для L- и D-форм вольволон<sup>13</sup> (рис. 7).

Животные, впадающие в зимнюю спячку, по-видимому, секретируют особую медленную (M-форму) вольволон. Они переворачиваются во сне только раз в месяц, сопровождая это действие коротким, но выразительным похрюкиванием. Большие количества M-вольво-

лон обнаружены у некоторых работников государственных учреждений. Их способность спать обычно соотносят с синдромом замедленной вирусной инфекции, называемым бюрократизмом — *bureaucratitis* (от *bug* — человек, которого тяжело раскатать, *eau* — вода, *crazy* — помешанный на чем-либо, т. е. человек, склонный к чрезмерному энтузиазму). У многих студентов-медиков полное отсутствие знаний после курса блестящих лекций связано с относительно высоким уровнем M-вольволон в сыворотке крови.

Хорошо известен благотворный физиологический эффект продолжительных движений во сне. При этом происходит поочередная вентиляция легких, что способствует улучшению выведения мокроты из бронхов, изменяется также тембр храпа, что должно снижать частоту разводов среди тех супружеских пар, в которых у мужчины вибрирующее мягкое нёбо.

Действие вольволон прекращается со смертью. Иссле-

дования группы молодых калифорнийских ученых, выявляющих себя Корни Сорняков, продемонстрировали бездоказательность общепринятых представлений о том, что поведение современной молодежи заставляет их отцов переворачиваться в гробах. Против этого, однако, протестует общество спиритов, которое считает, что люди могут переворачиваться в гробах и, следовательно, могут реагировать на стимулирующие эффекты вольволон даже после смерти.

Когда различные изомерные формы вольволон будут полностью описаны, появятся, видимо, возможность синтезировать их для использования в терапевтических и иных целях. В настоящее время нарушения сна, широко распространенные на Западе, лечатся такими паллиативными лекарствами, как транквилизаторы и стимуляторы, которыми часто злоупотребляют. Вольволон сможет устранить причину нарушений сна и, таким образом, избавить от них по-настоящему.

Пока неясно, может ли вольволон стать антигеном, действуя как гаптен после связывания с одним из многих белков организма. Если это подтвердится, то получение вольволон станет реальным. Синтез такого вещества будет крупным достижением в фармакологии, поскольку будет получено первое лекарство, для которого нет подходящей болезни.

Перевод с английского В. М. Ковальсона.

<sup>13</sup> H o b a r t P. M.— Science, 1980, v. 210, p. 1362.

В номере использованы фотографии: АЛЕКСЕЕВА Н. Н., БОГОМОЛОВА М. А., ВАСИЛЬЕВА Н. Г., ГЕДЖАДЗЕ И. В., ЖИВОТЧЕНКО В. И., КРУПКО В. Т., ПОЛЯКОВА Я. Г., ХАРКЕВИЧА С. С., ХОНЕЛИДЗЕ М. Ч.

Художник П. Г. АБЕЛИН  
Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Т. Д. МИРЛИС, М. Б. РЫБИНА

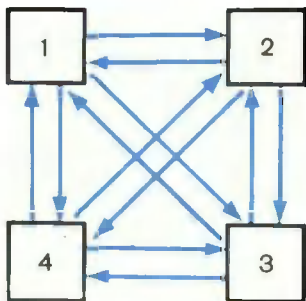
Адрес редакции:  
117049, Москва, ГСП-1  
Мароковский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 3.2.83.  
Подписано к печати  
10.03.83 Т—02749  
Формат 70×108 1/16  
Офсет  
Усл.-печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 1572 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,2  
Бум. л. 4  
Тираж 59840 экз. Зак.  
356



— 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.

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
г. Чехов Московской области.



## В следующем номере

Призыв развивать общую теорию систем в качестве современного метода познания и создания сложных систем был сразу же воспринят с энтузиазмом. Казалось очевидным, что начинать надо с определения понятия «система вообще». Однако чем более совершенные определения предлагаются, тем менее становится ясным, в чем специфика этого нового метода. Видимо, нужно в принципе изменить подход к проблеме.

**Пахомов Б. Я., Большаков В. И.** Динамические системы и системный подход.



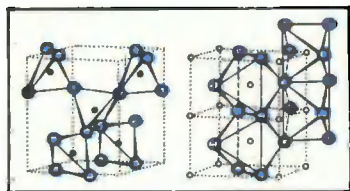
В последние два десятилетия генетика человека добилась серьезных успехов на всех уровнях — от молекулярного до популяционного — и проникла почти во все разделы медицины.

**Бочков Н. П.** Медицинские и социальные аспекты генетики человека.



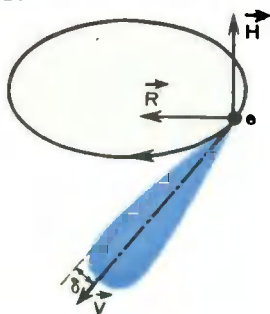
Д. Н. Кайгородов оставил глубокий след не только как ученый, основоположник отечественной фенологии, натуралист, популяризатор, но и как педагог. Он воспитывал в людях чувство природы, видел в этом один из путей воспитания гуманизма вообще.

**Разгон Л. Э.** Душа, открытая природе.



Вещество верхней мантии Земли испытывает с глубиной фазовые превращения. Информацию о поведении границ этих превращений дали последние кристаллохимические исследования. Это позволило по-новому взглянуть на гипотезу об увеличении радиуса Земли.

**Барсуков В. Л., Урусов В. С.** Фазовые превращения в мантии и расширение Земли.



В космосе открыты магнитные поля гигантской напряженности. Существует реальная возможность получения рекордных полей в лабораторных условиях при столкновении тяжелых ионов. В связи с этим особый интерес представляет теоретическое изучение поведения электронов и атомов, находящихся в таких полях.

**Тернов И. М., Халилов В. Р.** Электроны в сверхсильном магнитном поле.

Цена 80 коп.

Индекс 70707

