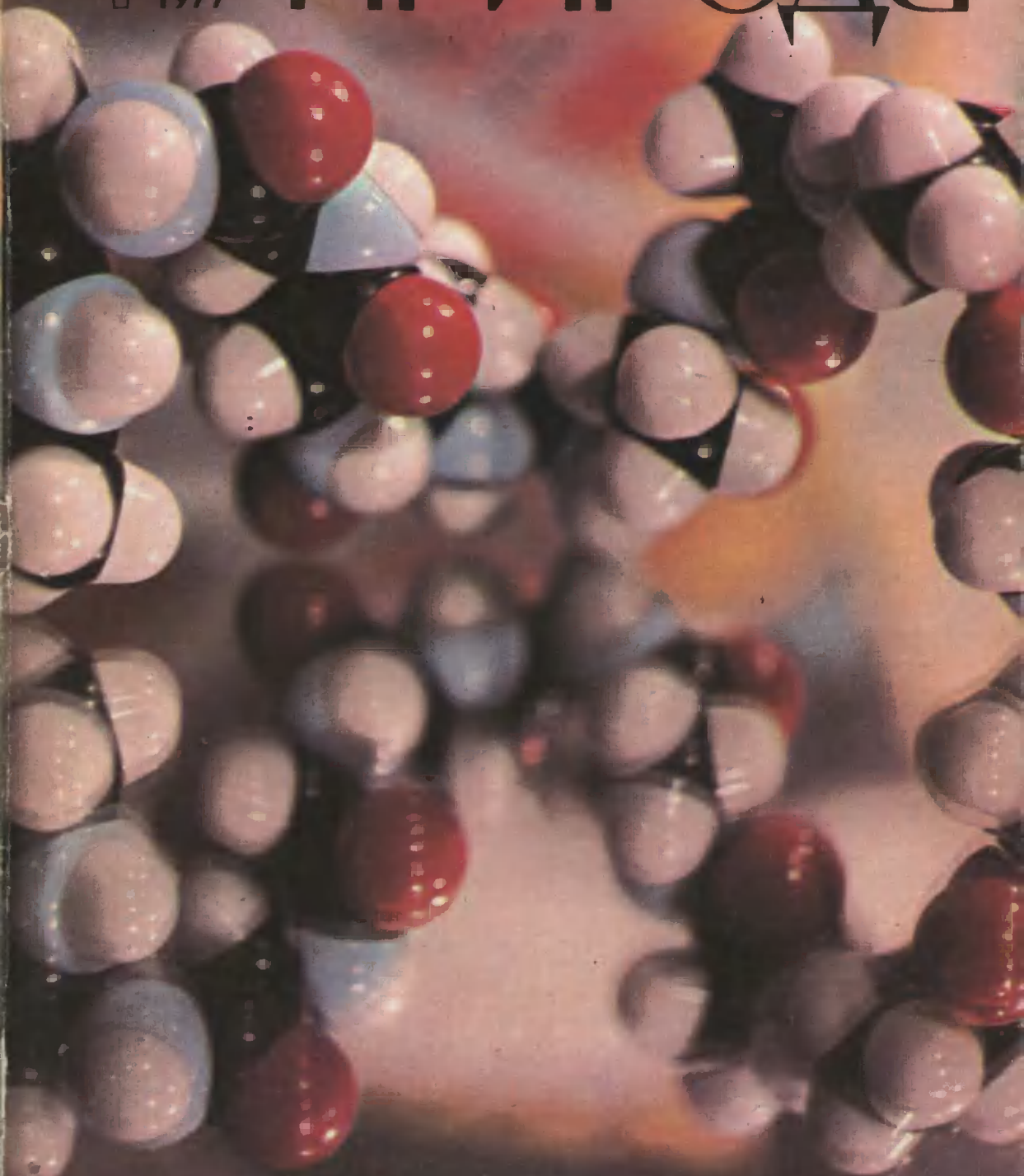


1

1977

ПРИРОДА



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик

Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
А. И. БЕРГ

Член-корреспондент АН СССР
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

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

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН

Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

И. Б. ШИШКИН

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки. Пространственная модель киральной молекулы поли-L-аланина и ее отражение в зеркале. См. статью Л. Л. Морозова «Несохраняющаяся четность в молекулярном мире организмов».

Фото Л. Л. Морозова.

На четвертой странице обложки. Гусеницы тутового шелкопряда — классического объекта генетических исследований, в работе с которым в нашей стране были получены выдающиеся результаты. См. статью В. А. Струнникова и Е. Р. Терской «Мейотический партеногенез у тутового шелкопряда и проблемы генетики и селекции».

Фото Н. Н. Алексева.

Редакция рукописей не возвращает.

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

Генеральному секретарю ЦК КПСС
товарищу
Леониду Ильичу БРЕЖНЕВУ

Дорогой Леонид Ильич!

Академия наук СССР и все работники советской науки горячо приветствуют и сердечно поздравляют Вас — непоколебимого марксиста-ленинца, мудрого руководителя Коммунистической партии и советского народа, выдающегося деятеля международного коммунистического и рабочего движения, пламенного борца за коммунизм, мир и социальный прогресс человечества — со славным юбилеем!

Ваш яркий жизненный путь неразрывно связан с грандиозными историческими свершениями советского народа, с эпохой построения развитого социалистического общества и перехода к непосредственному строительству коммунизма. Ваше имя неотделимо от гигантского роста могущества, сплоченности и международного авторитета мировой социалистической системы, от торжества ленинских принципов пролетарского интернационализма. Всеобщим признанием пользуется Ваш вклад в разработку стратегии всемирно-исторической борьбы за коммунистические идеалы, за мир во всем мире.

Дорогой Леонид Ильич! Советским ученым, марксистам всего мира широко известна Ваша выдающаяся теоретическая деятельность, знаменующая новый этап творческого развития марксизма-ленинизма. Ваши труды глубоко раскрывают и конкретизируют ленинские принципы внутренней и внешней политики КПСС применительно к современной обстановке, обогащают теорию социализма, являются верным компасом в понимании процессов мирового развития.

Для советских ученых особое значение имеет Ваше положение о ведущей роли науки в экономическом и социальном прогрессе социалистического общества, об органической связи теоретических исследований с насущными задачами практики, с жизнью и интересами трудового народа. Постоянное внимание Центрального Комитета КПСС и Советского правительства к науке, к деятельности научных учреждений служит могучим стимулом творческого энтузиазма советских ученых, мобилизует на завоевание новых высот в научном познании во славу нашей великой Отчизны.

Академия наук СССР, все советские ученые полны искренней благодарности Вам, дорогой Леонид Ильич, за неустанную заботу о всемерном развитии советской науки, о создании условий для плодотворного научного поиска.

В день Вашего рождения от всей души желаем Вам, дорогой Леонид Ильич, крепкого здоровья, новых творческих сил и больших успехов в Вашей многогранной и неутомимой деятельности во имя счастья советского народа, революционного обновления мира, торжества великого учения Маркса — Энгельса — Ленина.

Академия наук СССР

Январь 1977 года

В НОМЕРЕ

Шестидесятый год Октября	3
В. И. Гольданский Молекулярное туннелирование в химических реакциях	10
В. В. Крючков Мелиорации земель Крайнего Севера	20
Л. Л. Морозов Несохраняющаяся четность в молекулярном мире организмов	32
В. Г. Тейфель Аэрозоль в атмосферах Юпитера и Сатурна	46
В. А. Струнников, Е. Р. Терская Мейотический партеногенез у тутового шелкопряда и проблемы генетики и селекции	57
Советско-американский симпозиум по химии и физике белка	72
П. П. Гайденко Как возникла наука	74
Е. М. Сергеев Рациональное использование геологической среды	85

**К 60-ЛЕТИЮ
ВЕЛИКОГО ОКТЯБРЯ**

Станислав Густавович Струмилин	
А. М. Румянцев Экономика природы	94
С. Г. Струмилин, Э. Е. Писаренко Экономика и статистика «даровых» благ природы	99

Ю. И. Лисневский Ван ден Брук и его открытие	106
НОВОСТИ НАУКИ	114

Лауреаты Нобелевской премии 1976 г.	128
Р. А. Канторович По медицине — Б. Бламберг и К. Гайдушек	128
Ю. Н. Бубнов По химии — У. Н. Липскомб	131
И. Ю. Кобзарев По физике — С. Тинг, Б. Рихтер	133

Ю. С. Балашов, Н. Е. Миккау Изучение живых животных в растровом электронном микроскопе	137
ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ	140
РЕЦЕНЗИИ	146
НОВЫЕ КНИГИ	155
В КОНЦЕ НОМЕРА	158

Шестидесятый год Октября

В наступившем году советский народ и передовые люди всех стран будут отмечать 60-летие Великой Октябрьской социалистической революции. Победа Октября положила начало претворению в жизнь идей научного коммунизма, оказала глубочайшее воздействие на весь ход мировой истории, явилась первой страницей в летописи революционного преобразования мира.

Дореволюционная Россия была экономически отсталой страной. Удельный вес ее промышленной продукции в мировом производстве составлял немногим более 4%. «...Россия остается невероятно, невиданно отсталой страной, нищей и полудикой, оборудованной современными орудиями производства вчетверо хуже Англии, впятеро хуже Германии, вдесятеро хуже Америки», — с горечью писал Ленин незадолго до первой мировой войны¹.

За истекшие десятилетия облик нашей Родины радикально изменился. Под руководством Коммунистической партии советский народ построил развитое социалистическое общество, превратил свое государство в могучую индустриальную державу, страну крупного социалистического сельского хозяйства, передовой культуры, высокоразвитой науки и техники, надежный оплот мира и дружбы между народами.

По сравнению с 1913 г., лучшим по экономическим показателям в дореволюционной России, общий объем промышленной продукции в СССР вырос в 1975 г. в 131 раз, а по отдельным союзным республикам (Казахской, Армянской, Молдавской, Киргизской ССР) — более чем в 200 раз. За годы Советской власти многократно возросло производство важнейших видов промышленной продукции. В 1975 г. выработка электроэнергии составила 1038 млрд кВт·ч против 2,0 млрд кВт·ч в 1913 г. Соответственно, добыча нефти возросла с 10,3 до 482 млн т, каменного угля — с 29,2 до 701 млн т, выплавка стали увеличилась с 4,3 до 141 млн т, в 1975 г. изготовлено 232 тыс. шт. металлорежущих станков, против 1,8 тыс. в 1913 г. В десятки и сотни раз увеличился выпуск различных видов химической продукции, многократно возросло производство товаров народного потребления. За годы пятилеток в СССР созданы многие новые отрасли промышленности — авиационная, автомобильная, радиоэлектронная, отдельные отрасли химической, станкостроительной, сельскохозяйственного машиностроения и др.

В настоящее время в Советском Союзе, на территории которого живет лишь 6% населения Земли, производится пятая часть мировой промышленной продукции. По добыче нефти, железной руды, каменного угля, выплавке чугуна и стали, производству тракто-

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 23, с. 36.

ров, электровозов, минеральных удобрений, цемента, шерстяных тканей, хлопка, сахарного песка (из отечественного сырья), животного масла и ряда других видов продукции наша страна занимает первое место в мире.

В послеоктябрьские годы значительно возросло производство сельскохозяйственной продукции. Перед первой мировой войной ежегодная продукция сельского хозяйства России определялась в 26,1 млрд руб., в 1974 г. сельское хозяйство СССР произвело продукции на 95,2 млрд руб. (в сопоставимых ценах).

Такой же стремительный прогресс характеризует развитие культуры. До Октябрьской революции три четверти населения России не знали грамоты. «Такой дикой страны, в которой бы массы народа настолько были ограблены в смысле образования, света и знания,— такой страны в Европе не осталось ни одной, кроме России»,— писал В. И. Ленин за четыре года до революции².

С первых же дней Октября наша партия со всей энергией и целеустремленностью начала осуществлять культурные преобразования. Ликвидировалась неграмотность, создавались начальные и средние школы, техникумы, вузы, научно-исследовательские учреждения, утверждалась новая, социалистическая идеология. В настоящее время Советский Союз не только является страной сплошной грамотности, но около 77% занятой части населения имеет высшее и среднее (полное и неполное) образование.

В Советском Союзе в 1975/76 учебном году работало более 4,3 тыс. средних специальных учебных заведений, в которых обучалось 4525 тыс. человек и 856 вузов с 4853 тыс. студентами. В 1975 г. средние специальные учебные заведения окончило 1157 тыс., вузы — 713,7 тыс. человек. Все отрасли народного хозяйства и культуры нашей страны обеспечены высококвалифицированными кадрами специалистов.

За годы Советской власти особенно быстро развивалась наука. В 1913 г. в России насчитывалось всего 298 научных учреждений. Это были в основном небольшие обсерватории, опытные станции, лаборатории при высших учебных заведениях. В конце 1975 г. в СССР работало 5327 научных учреждений (включая вузы). В них сотрудничало 1223,2 тыс. научных работников, среди которых 32,3 тыс. докторов наук и 326,9 тыс. кандидатов наук. Из года в год в нашей стране растут государственные расходы на развитие науки. В 1940 г. они составляли 0,3 млрд руб., в 1965 г. — 6,9 млрд руб., а в 1975 г. — 17,5 млрд руб³.

Советская наука вписала немало ярких страниц в историю социалистического и коммунистического строительства. Советские ученые активно участвовали в разработке и осуществлении пятилетних планов развития народного хозяйства. Вместе со всем народом они создавали современную индустрию, внесли большой вклад

² Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 23, с. 127.

³ Все приведенные выше фактические данные взяты из справочника «СССР в цифрах в 1975 году». М., 1976.

в прогресс сельского хозяйства, помогали партии в осуществлении ленинского плана культурной революции, неустанно трудились над подготовкой высококвалифицированных кадров для всех отраслей народного хозяйства и культуры.

Наша страна по праву гордится своими учеными, первыми проложившими пути человека в космос, завоевавшими приоритет в мирном использовании атомной энергии, создавшими уникальное оборудование для энергетики, металлургии, машиностроения, успешно решающими многие важные народнохозяйственные проблемы. Советская наука занимает передовые позиции в мировой науке, является одной из важнейших производительных сил нашего общества.

За годы Советской власти в СССР создан огромный экономический потенциал, обеспечивающий возможность практического осуществления программной задачи партии — построения материально-технической базы коммунизма. В девятой пятилетке наша страна достигла новых рубежей в решении этой важнейшей задачи. Вступили в строй новые промышленные комплексы, оснащенные современной высокопроизводительной техникой, широко использующие передовые технологические процессы.

Только за прошлую пятилетку в промышленности введено в действие около двух тысяч крупных предприятий. В их числе Ленинградская атомная электростанция мощностью 2 млн кВт, крупнейшая доменная печь на Криворожском заводе, одна дающая почти столько же чугуна, сколько его выплавляли все 128 доменных печей дореволюционной России, вошли в строй новые мощности на других электростанциях, фабриках и заводах металлургической, топливной, химической, машиностроительной, легкой, пищевой и других отраслей промышленности.

Самоотверженный труд рабочих, крестьян, советской интеллигенции, организующая и направляющая деятельность Коммунистической партии обеспечили устойчивый и динамичный рост народного хозяйства СССР, дальнейшее развитие науки, техники и культуры. Успешно осуществляются величественные планы коммунистического строительства и в десятой пятилетке. «По своим главным задачам, по основным направлениям хозяйственной деятельности девятый и десятый пятилетние планы представляют собой как бы единое целое. Речь идет о долговременной ориентации экономической политики партии, в которой мы видим, если использовать выражение В. И. Ленина, «общий план нашей работы, нашей политики, нашей тактики, нашей стратегии...», — говорил Л. И. Брежнев в Отчетном докладе ЦК КПСС XXV съезду партии⁴.

Десятый пятилетний план развития народного хозяйства СССР является новым важным этапом в создании материально-технической базы коммунизма. «Главная задача десятой пятилетки, — сказано в утвержденных XXV съездом КПСС «Основных направлениях раз-

⁴ Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, с. 39.

вития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», — состоит в последовательном осуществлении курса Коммунистической партии на подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе динамичного и пропорционального развития общественного производства и повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях народного хозяйства»⁵. Главная задача десятой пятилетки выражает экономическую стратегию партии, направленную на неуклонный подъем народного благосостояния, четко определяет средства и пути, ведущие к поставленным целям.

Подготовка десятого пятилетнего плана осуществлялась одновременно с разработкой исходных установок развития экономики страны на перспективу до 1990 г. Подсчитано, что в ближайшие 15 лет Советский Союз будет располагать примерно вдвое большими материальными и финансовыми ресурсами, чем в истекшем пятнадцатилетии. Этим создаются новые возможности для решения основных социально-экономических задач, поставленных Программой партии, последними съездами.

В десятой пятилетке и в последующий период будет осуществляться дальнейшее наращивание экономической мощи страны, расширение и коренное обновление производственных фондов, обеспечение устойчивого сбалансированного роста тяжелой промышленности — фундамента экономики. Опережающими темпами будет развиваться экономика восточных районов, особенно Сибири, где промышленное производство в ближайшие пять лет намечено увеличить почти в 1,5 раза. Будет продолжаться экономическое освоение районов Севера, Средней Азии, Дальнего Востока; улучшится размещение производительных сил страны.

XXV съезд КПСС определил узловые проблемы развития экономики СССР на современном этапе. Нашей первоочередной задачей было и остается всемерное ускорение научно-технического прогресса. «Мы, коммунисты, исходим из того, — говорил товарищ Л. И. Брежнев, — что только в условиях социализма научно-техническая революция обретает верное, отвечающее интересам человека и общества направление. В свою очередь, только на основе ускоренного развития науки и техники могут быть решены конечные задачи революции социальной — построено коммунистическое общество»⁶.

Ныне все отрасли материального производства и духовной жизни органически связаны с развитием передовой науки. Ученые открывают и исследуют все новые закономерности природы, создавая предпосылки дальнейшего прогресса производства, все более полного удовлетворения материальных и духовных потребностей общества. Новый пятилетний план развития народного хозяйства СССР предусматривает дальнейшее разветвление исследований в фундаментальных областях

⁵ Там же, с. 166.

⁶ Там же, с. 47.

науки и решение прикладных проблем, непосредственно связанных с научно-техническим прогрессом.

Партия считает необходимым сосредоточить внимание ученых на важнейших проблемах научно-технического и социального прогресса, от решения которых в наибольшей степени зависит успешное развитие экономики, культуры и самой науки. Научные исследования должны открывать новые пути и возможности для преобразования производительных сил страны, создания техники и технологии будущего.

«Акцент на развитие фундаментальных проблем науки чрезвычайно знаменателен,— говорил на XXV съезде КПСС Президент Академии наук СССР А. П. Александров.— Он показывает, что партия и правительство ясно и глубоко видят логику развития науки, механизм научно-технического прогресса... Именно прогресс фундаментальных знаний изменяет, казалось бы, установившиеся и незыблемые в науке точки зрения, открывает новые области в науке и технике, коренным образом меняет технологию, приводит к появлению новых материалов и открывает возможности использования совершенно новых, часто неожиданных явлений в областях, совершенно не имевших никакого отношения к первоначальной области исследования»⁷.

Советская наука располагает большим арсеналом средств для осуществления самых сложных исследований. Ее материально-техническая база непрерывно совершенствуется. В минувшей пятилетке вступили в строй уникальный радиотелескоп РАТАН-600, крупнейший в мире оптический телескоп с 6-метровым зеркалом, термоядерная установка «Токамак-10», новые электронно-вычислительные машины и многие другие научные и технические устройства, позволяющие нашим ученым занимать ведущие позиции в современной науке. В настоящее время ведется разработка новейших измерительных систем и переоснащение ряда научных лабораторий. Все это позволит повысить производительность труда ученых академических и отраслевых институтов, заводских лабораторий.

Важнейшая задача научных учреждений состоит в том, чтобы всемерно ускорить внедрение достижений науки в народное хозяйство, обеспечить быстрее промышленное освоение научных разработок. Это требует существенного улучшения научного планирования, более четкого взаимодействия научно-исследовательских институтов и промышленности. Большой эффект достигается в тех случаях, когда к разработкам академических институтов уже на ранних стадиях подключаются отраслевые научные учреждения или заводы и значительная часть работы, включая внедрение, осуществляется совместно.

Советская наука всегда находилась в тесной связи с техникой, с практическими потребностями народного хозяйства. В СССР успешно развиваются разнообразные формы взаимодействия науки и производства. К их числу относятся многочисленные научно-производственные объединения, включающие в единую си-

⁷ «Правда», 27.11.1976.

стему крупные промышленные предприятия, научно-исследовательские институты и заводские лаборатории. Широкое распространение получила хозяйственная система связи научно-исследовательских институтов и вузов с различными отраслями промышленности и отдельными предприятиями. На основе договоров о творческом содружестве ученые и производственники сообща решают важные задачи научно-технического прогресса.

В речи на XXV съезде КПСС Президент АН СССР А. П. Александров сообщил о ряде крупных государственных программ, над разработкой которых трудятся советские ученые. Одной из них является энергетика. Дальнейшее развитие энергетики представляет собой крупнейшую комплексную проблему. Она включает в себя разведку и добычу природных энергоресурсов и систему преобразования энергии в нужную для потребления ее форму. Постепенно должна изменяться структура топливно-энергетического баланса. Расширится производство атомной энергии, что позволит экономить невозобновляемые виды сырья — нефть и газ, используя их для целей химического синтеза. По-видимому, к концу текущего столетия будут включены в энергопроизводство термоядерные источники, магнетогидродинамические генераторы, новые методы энерготранспорта. Термоядерные электростанции, вероятно, будут иметь мощность не менее 10 млн кВт. Это потребует изучения проблем размещения потребителей и транспорта электроэнергии в оптимальной форме.

Важнейшей государственной программой является также дальнейшая интенсификация сельского хозяйства. В ускорении развития сельскохозяйственного производства и переводе его на современную индустриальную основу все более важное значение приобретает наука. Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР недавно приняли постановление «О мерах по дальнейшему повышению эффективности сельскохозяйственной науки и укреплению ее связи с производством»⁸. Это постановление имеет огромное значение для ускорения темпов научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, обеспечения высоких и устойчивых темпов развития этой отрасли в целях дальнейшего неуклонного роста благосостояния советского народа. В постановлении дан глубокий анализ работы научных учреждений, разработаны мероприятия для улучшения их деятельности, для внедрения достижений науки в практику сельскохозяйственного производства. Постановление намечает широкую программу усиления роли науки в обеспечении дальнейшего роста и большой устойчивости производства зерна и другой продукции, создания зон гарантированного урожая, всемерного повышения эффективности земледелия и животноводства, качества сельскохозяйственной продукции.

XXV съезд КПСС наметил основные направления развития науки в десятой пятилетке. В области общественных наук будет продолжена работа по научному обобщению всемирно-исторического опыта КПСС, международного коммунистического и рабочего движения.

⁸ «Правда», 10.IX.1976.

Будут исследоваться теоретические проблемы развитого социализма и закономерности его перерастания в коммунизм. Продолжится разработка теории создания материально-технической базы коммунизма, совершенствования общественных отношений, формирования нового человека, развития социалистического образа жизни. Всемерное развитие получают исследования по проблемам научно-технической революции, повышения эффективности и интенсификации общественного производства, совершенствования управления и планирования народного хозяйства, а также прогнозирования социально-экономических процессов. Расширятся исследования по вопросам развития социалистической экономической интеграции СССР со странами-членами СЭВ, внешнеэкономических связей, проблем современного мирового развития. Необходимо повысить роль общественных наук в наступательной борьбе против антикоммунизма, в критике буржуазных и ревизионистских теорий, в разоблачении фальсификаторов идей марксизма-ленинизма.

Большие задачи стоят перед учеными в области естественных и технических наук. Предстоит расширить исследования по теоретической и прикладной математике, развивать работы по совершенствованию электронно-вычислительной техники и ее эффективному применению в народном хозяйстве. Будут развиваться исследования в области ядерной физики, физики плазмы, твердого тела, низких температур и других областях наук физического цикла. Расширятся исследования по синтезу химических соединений для получения материалов с новыми свойствами, по разработке эффективных химико-технологических процессов, преимущественно с использованием замкнутых циклов. Новые задачи поставлены в области развития биологии, наук о Земле, в изучении и освоении богатств Мирового океана, в продолжении и расширении исследований космоса с применением космических средств при изучении природных ресурсов Земли, в метеорологии, океанологии, навигации, связи и для других нужд народного хозяйства.

Выступая на торжественном заседании, посвященном 250-летию Академии наук СССР, Л. И. Брежнев отметил, что «партия ждет от ученых все более глубокого и смелого исследования новых процессов и явлений, активного вклада в дело научно-технического прогресса, вдумчивого анализа возникающих проблем, ответственных рекомендаций о наилучших способах их решения в интересах укрепления мощи страны, улучшения жизни народа, в интересах построения коммунизма»⁹.

Наша страна вступила в 60-й год Великой Октябрьской социалистической революции. Сегодняшние свершения советского народа есть прямое продолжение дела Октября. Это есть практическое воплощение идей великого Ленина.

⁹ Брежнев Л. И. Гордость отечественной науки. М., 1976, с. 10.

Молекулярное туннелирование в химических реакциях

В. И. Гольданский



Виталий Иосифович Гольданский, член-корреспондент АН СССР, заведующий Сектором строения вещества Института химической физики АН СССР. Основные научные интересы связаны с химической физикой, ядерной физикой, физикой и химией элементарных частиц, химией высоких энергий, биофизикой. Является одним из создателей ядерной химии. Автор книг: Физическая химия позитрона и позитрония. М., 1968; Химические применения мессбауэровской спектроскопии. М., 1970 (совместно с Р. Гербером); Легкие и промежуточные ядра вблизи границ нуклонной стабильности. М., 1972 (совместно с А. И. Базем, В. З. Гольдбергом, Я. П. Зельдовичем) и др. Публиковался в «Природе» (1959, № 1; 1960, № 4; 1969, № 2). Лауреат Золотой медали им. Д. И. Менделеева АН СССР (1975) и Премии им. Д. И. Менделеева АН СССР (1966). Почетный член ряда иностранных Академий наук и научных обществ.

ЗАКОН АРРЕНИУСА И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

В химической кинетике, изучающей скорость и механизм химических превращений, издавна существует несколько фундаментальных законов, определяющих превращение вещества. К их числу в первую очередь можно отнести закон Аррениуса, устанавливающий зависимость скорости реакции от температуры. Объяснение, выданное Аррениусом, считается классическим и состоит в том, что в химическую реакцию могут вступить лишь те атомы и молекулы, которые обладают достаточным запасом энергии для преодоления потенциального барьера, возникающего при сближении реагирующих частиц. Согласно закону Аррениуса, скорость химической реакции возрастает с увеличением температуры T пропорционально множителю $e^{-E/k_B T}$ где k_B — известная константа Больцмана ($k_B = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ эВ/град}$), а E — так называемая энергия активации, т. е. высота потенциального барьера, который должны преодолеть вступающие во взаимодействие атомы или молекулы. Очевидно, что по мере уменьшения температуры скорость всех химических реакций должна очень резко снижаться, а вблизи абсолютного

нуля химическая активность любого вещества должна вовсе исчезать.

Однако применение законов квантовой механики в химической кинетике позволяло надеяться на возможности осуществления химических превращений даже вблизи абсолютного нуля.

Дело в том, что, согласно законам квантовой механики, переход системы из одного состояния в другое, отделенное от исходного потенциальным энергетическим барьером, возможен не только поверх этого барьера, но и сквозь него — посредством так называемого туннельного перехода между двумя потенциальными ямами. Экзотермический, т. е. идущий с выигрышем энергии, туннельный переход не требует какого-либо заимствования энергии теплового движения, он может происходить самопроизвольно — даже для отдельной изолированной молекулы. Однако вероятность такого перехода резко — экспоненциально — убывает с ростом длины проходимого туннеля d и высоты «горы» над туннелем, т. е. высоты активационного барьера E . Приближенно можно записать, что скорость туннелирования

$$\propto e^{-\beta d \sqrt{2mE}}$$

пропорциональна $e^{-\beta d \sqrt{2mE}}$, где β — некоторая числовая константа (~ 1), m — масса частицы, совершающей

туннельный переход, $\hbar \approx 1,05 \cdot 10^{-27}$ эрг·с — постоянная Планка, или квант действия.

Как известно, система обладает резко выраженными квантовыми свойствами, когда ее квантовый размер начинает превышать классический. Характерным классическим размером в случае туннельного перехода является длина туннеля d , квантовый же размер системы — это ее дебройлевская длина волны $\lambda = \frac{\hbar}{\sqrt{2mE}}$.



Классический и квантовый варианты взаимодействия при наличии энергетического потенциального барьера [высотой E и шириной d]. В классическом варианте взаимодействие возможно лишь путем перехода из исходного в конечное состояние над вершиной потенциального барьера, и в нем могут поэтому участвовать только молекулы, обладающие избыточной энергией, равной или превышающей энергию активации E [доля таких молекул равняется $e^{-E/k_B T}$].

В квантовом варианте взаимодействие возможно также путем квантово-механического туннелирования — проникновения сквозь потенциальный барьер с какого-то энергетического уровня исходного состояния системы [описываемого левой потенциальной ямой]. При абсолютном нуле заполнен только нижний энергетический уровень потенциальной ямы — так называемый уровень нулевых колебаний, откуда система с выигрышем энергии переходит сквозь туннель в правую яму.

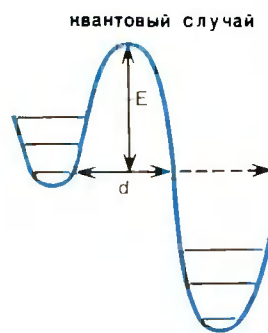
Таким образом, неравенство $\frac{\lambda}{d} > 1$ отвечает преобладанию квантовых свойств системы над классическими.

Однако для преобладания туннельных переходов над надбарьерными (аррениусовскими) достаточно выполнить даже более мягкое условие $\frac{\lambda}{d} > \frac{k_B T}{E}$. (Причем $\frac{k_B T}{E} \ll 1$, ибо только в этом

случае энергия активации вообще может играть заметную роль в кинетике химической реакции.)

Подставив в это неравенство значение $\lambda = \frac{\hbar}{\sqrt{2mE}}$, легко убедиться, что туннельные переходы должны стать преобладающими лишь при достаточно низких температурах, ниже некоторой «температуры туннелирования»

$$T_t = \frac{\hbar}{\beta k_B d \sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{E}{m}}$$



При этом возможно существенное изменение в характере температурной зависимости скорости химических реакций. Вместо чрезвычайно резкого — экспоненциального — убывания скорости с уменьшением температуры может происходить более плавное замедление этого процесса и в конечном счете исчезновение всякой температурной зависимости скорости реакции. В результате «аррениусовский график», характеризующийся линейным убыванием логарифма скорости реакции с увеличением обратной температуры

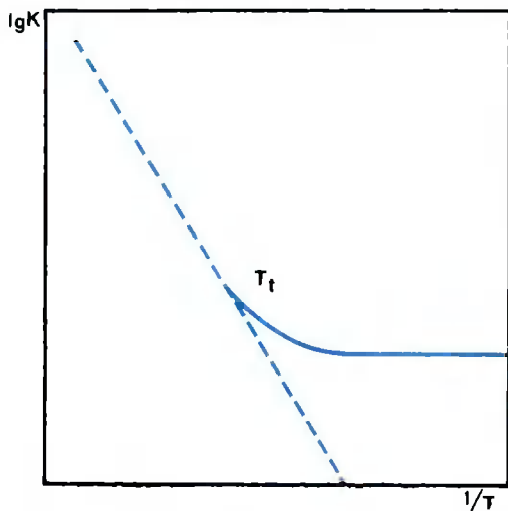
$\frac{1}{T}$ (наклон которого тем сильнее, чем больше энергия активации E), при приближении к температуре туннелирования

T_t начнет меняться, принимая вид плавной кривой, выходящей на плато. Иными словами, скорость химической реакции не становится беспрельдно малой величиной, а достигает некоторого предела, в дальнейшем именуемого квантовым низкотемпературным пределом скорости химических реакций.

¹ Это следует из того, что показатель экспоненты в скорости туннельных переходов при большей их вероятности должен превышать показатель экспоненты в скорости надбарьерных переходов.

В рамках закона Аррениуса такая зависимость скорости реакции от температуры означала бы постепенное уменьшение энергии активации и ее обращение в нуль при очень низких температурах. Фактически, однако, активационный потенциальный барьер не меняется с температурой и сохраняется, но при понижении температуры все большую роль играет туннелирование под этим барьером.

Возможности огромной, решающей роли туннелирования в протекании тех или иных процессов стали очевидны



Температурная зависимость скорости химической реакции в аррениусовских координатах: по оси абсцисс — обратная температура, по оси ординат — логарифм скорости реакции.

Классический вариант надбарьерных переходов отвечает закону Аррениуса — линейной зависи-

мости $\lg K$ от $\frac{1}{T}$. Учет туннелирования приводит к выходу скорости реакции на плато при низких температурах, к появлению квантового низкотемпературного предела скорости химических реакций. T_t — температура туннелирования, ниже которой туннельные переходы экспоненциально преобладают над аррениусовскими [надбарьерными].

прежде всего благодаря ядерной физике. Как известно, еще в 1928 г. — всего через 2—3 года после появления квантовой механики — Г. Гамову, а также Р. Гэрни и Э. Кондону удалось объяснить с помощью теории туннельных переходов основные свойства радиоактивного α -распада. В дальнейшем оказалось, что туннельные переходы определяют скорость и другого типа радиоактивного распада — спонтанного деления ядер, открыто-

го в 1940 г. в СССР Г. Н. Флеровым и К. А. Петржаком. В этом процессе (как и в α -распаде) имеет место туннелирование сквозь потенциальный барьер, возникающий из-за увеличения площади поверхности ядер (а следовательно, поверхностной энергии) при деформации и электростатического отталкивания зарядов в ядре.

Другая область науки и техники, в которой сравнительно недавно в полной мере проявилось исключительно важное значение туннелирования, — это физика и электроника твердых тел. Туннельные переходы электронов или пар электронов с противоположно направленными спинами сквозь тонкие пленки из различных материалов стали основой наиболее эффективных и компактных схем современной микроэлектроники².

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ И АТОМОВ ВОДОРОДА

Сейчас мы являемся свидетелями (или участниками) успешного «вторжения» представлений о квантовых туннельных переходах в химическую физику, а через нее и в биохимическую физику.

Возможность туннельных переходов в химической кинетике была впервые отмечена американским специалистом Д. Бургеном еще в 1929 г. Важное значение в теоретическом анализе роли туннелирования в химии имели работы советских физико-химиков С. З. Рогинского и Л. В. Розенкевича (1930) и цикл статей английского физико-химика Р. Белла. Однако попытки экспериментально обнаружить вклад туннельного эффекта при относительно высоких температурах не давали достаточно определенных результатов, а область низких температур, где туннелирование должно проявляться более ярко, долгое время оставалась неизученной. Лишь в 50-е годы пробудился интерес к протеканию различных химических реакций при низких температурах (особенно в связи с проблемой накопления больших концентраций свободных атомов и радикалов), а также появились экспериментальные возможности наблюдения даже очень медленных подобных

² За исследования таких туннельных переходов Л. Эсаки, Н. Гиаверу и Б. Джо-зефсону была присуждена Нобелевская премия по физике за 1973 г.

реакций (например, с помощью радиоспектроскопии и метода меченых атомов).

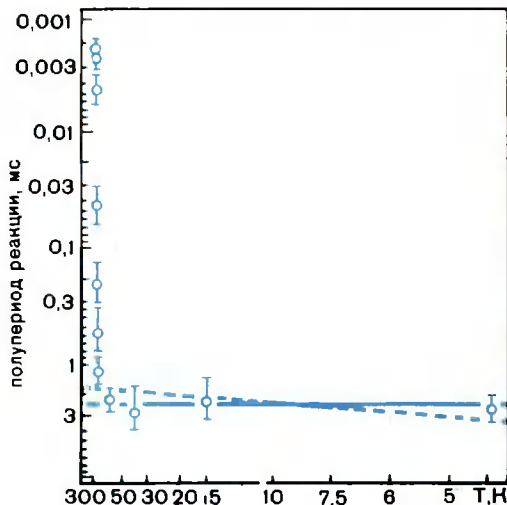
Последующие 10—15 лет ознаменовались четким обнаружением и детальным исследованием многих случаев туннелирования электрона в окислительно-восстановительных реакциях и атома водорода в процессах его переноса между молекулами и радикалами в твердой фазе при достаточно низких температурах. Преимущества использования именно твердой фазы для обнаружения туннелирования обусловлены тем, что во всяких других системах, т. е. в жидкостях и газах туннельный перенос электрона или водородного атома на сколько-нибудь далекие расстояния не выдерживает конкуренции со стороны тривиального «классического» взаимодействия при соударениях частиц и молекул.

Наиболее яркими примерами туннелирования электронов послужили окислительно-восстановительные процессы в биополимерных системах и процессы захвата электронов разными ловушками (радикалами, ионами, радиационными дефектами и т. п.) при низкотемпературном радиолизе (химические превращения, вызываемые поглощением ионизирующего излучения) замороженных растворов. Такие радиолитические процессы (особенно характерные для щелочных водных или спиртовых замороженных стеклообразных систем) довольно широко изучались в ряде лабораторий в СССР [Институт химической физики АН СССР (ИХФ) и Институт физической химии АН СССР (ИФХ)] и за рубежом. Во всех подобных процессах расстояние, на которое туннелируют электроны, довольно велико и исчисляется обычно несколькими десятками ангстрем. В биологических системах это расстояние задается просто собственными размерами молекул биополимеров, а в замороженных растворах оно связано с предельно достижимыми при радиолизе концентрациями электронных ловушек, поскольку с ростом их концентрации и уменьшением расстояния между ними быстро возрастают скорости туннельного перехвата электронов ловушками, т. е. скорости гибели ловушек.

Температура туннелирования для электронов при длине туннеля $d \sim 30$ — 50 Å и высоте активационного барьера $E \sim 1$ эВ близка к $T_1 \sim 150$ — 100 К. Именно в этой области температур наблюдался выход скорости переноса электрона на низкотемпературное плато, т. е. достиже-

ние некоторой наименьшей скорости процессов, уже не меняющейся при дальнейшем уменьшении температуры.

Туннелирование атомов водорода наблюдалось пока лишь при более высоких температурах, начиная с температуры жидкого азота (77 К). Выхода на плато скорости реакций переноса атомов водорода в этой области температур еще не удавалось наблюдать. Поэтому о наличии туннелирования можно было судить лишь по постепенному кажущемуся уменьшению энергии активации и, главное, по

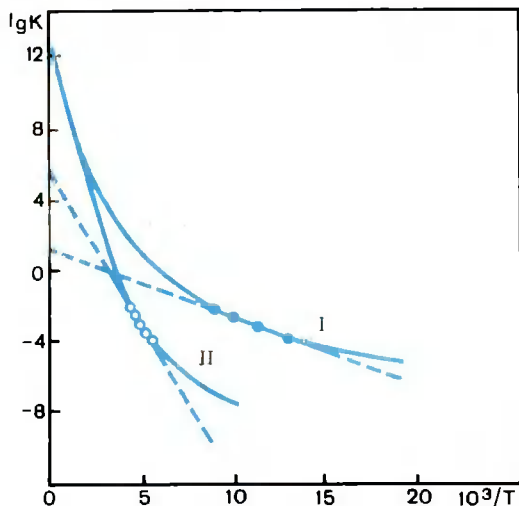


Экспериментальные данные о скорости реакции окисления цитохрома флорофиллом, сопровождающейся туннелированием электрона, при разных температурах (в аррениусовских координатах). По осям отмечены численные значения температуры (абсцисса) и полупериода реакции в миллисекундах (ордината). Сплошной линией показана температурная зависимость скорости реакции при эффективной энергии активации $E=0$, пунктирной линией — при $E=4$ ккал/моль. [По данным Б. Чанса и Р. де Во, США.]

сильному (до 10^3 — 10^5 раз) различию скоростей превращений с участием атомов обычного водорода и вдвое более тяжелого дейтерия (вспомним об экспоненциальной зависимости скорости туннельного перехода от массы туннелирующей частицы).

Интересные качественные следствия, которые могут возникнуть благодаря туннелированию водорода, проявились в изученной нами низкотемпературной совме-

стной полимеризации (сополимеризации) ацетона с акриловой кислотой. По всей видимости, скорость этого процесса определяется туннелированием водорода, принадлежащего ацетону. Иначе трудно было бы объяснить настолько сильное различие в скоростях сополимеризации обычного и дейтерированного ацетона, что обычный ацетон полностью «выполимеризовывается» из смеси с его дейтерированным производным, тогда как дейтерированный ацетон целиком сохраняется в виде мономера.



Расчетные (пунктир) и экспериментальные (сплошная) температурные зависимости скорости реакций переноса атомов водорода (I) и дейтерия (II) в γ -облученных кристаллах диметилглиоксима. Химические формулы этих реакций переноса имеют вид: $\text{HO} \cdot \text{N} [\text{C} (\text{CH}_3)_2] \text{NO} \cdot \rightarrow \cdot \text{ON} [\text{C} (\text{CH}_3)_2] \text{NO} \cdot \text{H}$ Переносимый атом водорода (или дейтерия) подчеркнут. Очевидно, что перенос водорода не сопровождается какой-либо перестройкой молекул. [По данным Я. С. Лебедева с сотрудниками, ИХФ АН СССР].

Однако все упоминавшиеся здесь до сих пор процессы, вроде переноса электрона или водородного атома, вряд ли можно назвать подлинными химическими реакциями.

Химическая реакция — в общем, широком смысле этих слов — включает в себя перегруппировку атомов. Если этого не происходит, то должны изменяться хотя бы длины или (и) углы валентных связей. Поэтому единственным видом туннельного перехода, который способен сам по себе осуществить сложную перестройку

ку системы химических связей при низких температурах, является молекулярное туннелирование — проникновение сквозь потенциальные барьеры целых молекул или молекулярных остатков.

Всякие теоретические прогнозы вероятности (или даже просто возможности) такого молекулярного туннелирования при низких температурах значительно более трудны, чем анализ картины простых туннельных переходов. Простые переходы не требуют какого-либо перераспределения энергии между двумя потенциальными ямами, участвующими в переходе, или их обмена энергией с окружающей средой. Между тем именно такая простейшая картина, отвечающая совпадению энергетических уровней в двух ямах, лежала в основе всех оценок скорости туннельных переходов электронов и протонов и зависимости этой скорости от температуры.

В общем случае туннельных переходов нельзя было не только количественно рассчитать скорость процесса (например, скорость молекулярного туннелирования), но и качественно предсказать, будет ли выходить эта скорость на плато при низких температурах. Иными словами, оставалось неясным, будет ли наблюдаться квантовый низкотемпературный предел скорости химической реакции или она будет снижаться до беспредельно малых величин. Решающее слово оставалось за опытом.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТВЕРДО- ФАЗНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

В качестве реакций, подлежащих исследованию в области низких и очень низких (ниже 77 К) температур, нами были избраны реакции твердофазной радиационной полимеризации, т. е. полимеризации, инициированной действием ионизирующих излучений, например, γ -излучением кобальта-60 или пучком электронов с ускорителя. Термин «твердофазная» подразумевает, что полимеризуемые мономеры находились в замороженном состоянии, т. е. в твердой фазе.

Первоначальный интерес к этим реакциям был обусловлен предположением Н. Н. Семенова о возможном протекании твердофазной полимеризации по механизму энергетических цепей, когда движение кванта возбуждения по твердому мономеру может оставлять за собой след в виде цепочки полимера. Хотя эта гипотеза и не подтвердилась (а энерге-

тические цепные химические реакции были вскоре обнаружены в ИХФ на совсем других примерах — в газофазных реакциях фторирования), но именно исследование радиационной твердофазной полимеризации при низких температурах привели, в конечном счете, к открытию явления молекулярного туннелирования, к зарождению квантовой химической кинетики реакций в конденсированной фазе.

Известно, что реакции полимеризации протекают обычно как цепные. Первый акт — зарождение цепи — процесс эндотермический, т. е. он требует затраты энергии на разрыв какой-то химической связи в молекуле исходного мономера с образованием активных центров (свободных радикалов, или ионов, или ионов-радикалов), способных осуществлять затем рост цепей. В случае радиационной полимеризации акт зарождения цепи осуществляется за счет подводимой извне энергии ионизирующего излучения.

Однако последующий рост цепей — процесс экзотермический, т. е. идущий с выделением энергии, и в обычных условиях он осуществляется спонтанно, повторяясь много раз и формируя длинную полимерную цепь, пока в силу тех или иных причин не происходит обрыва цепи. Необходимо было установить, может ли спонтанный рост цепей полимеризации происходить и при очень низких температурах, а если может — то с какой скоростью и как эта скорость зависит от температуры.

О длине цепи полимеризации при ее радиационном иницировании можно судить по величине, именуемой радиационно-химическим выходом (обычное обозначение — G) и равной среднему числу молекул, превращающихся на 100 эВ поглощенной энергии ионизирующего излучения. Средняя энергия, расходуемая на образование в любых средах одной пары ионов, близка к 30 эВ. Если возникновение каждой или почти каждой пары ионов сопровождается химическим превращением, то в подобном случае радиационно-химический выход будет исчисляться единицами ($G \approx 1-3$). Это обычное значение радиационно-химического выхода для простых, нецепных реакций, в том числе — и для реакций зарождения цепей. Но если вслед за элементарным актом зарождения цепи последует ν актов роста цепи (ν — длина цепи), то суммарный радиационно-химический выход такой цепной реакции может достигать очень больших величин: $G \approx \nu$.

В 1968—1969 гг. А. Д. Абкину и его сотрудникам в Научно-исследовательском физико-химическом институте им. Л. Я. Карпова (НИФХИ) удалось впервые наблюдать — методами электронного парамагнитного резонанса, инфракрасной спектроскопии и радиотермомлюмолюценции — образование полимеров тетрафторэтилена (ТФЭ) и акролеина непосредственно в ходе облучения этих мономеров при температуре жидкого гелия. Значимость этого достижения была особенно велика по той причине, что в предшествующие годы многие авторы оспаривали всякую возможность осуществления радиационной полимеризации и постполимеризации (полимеризации, идущей после снятия облучения) при очень низких температурах.

Однако радиационно-химический выход процессов низкотемпературной полимеризации, исследуемых А. Д. Абкиным с сотрудниками, оказался чрезвычайно малым, характерным не для цепной полимеризации, а для зарождения цепей ($G \approx 4$ для ТФЭ при 77 К, $G \approx 2,5$ для акролеина при 4,2 К). Естественным представляется поэтому заключение исследователей из НИФХИ, что в изучавшихся ими системах «при полимеризации в твердой фазе действие излучения проявляется не только в актах иницирования, но и в реакциях роста цепи в результате перехода энергии излучения в энергию движения молекул, локализованных вблизи дислокаций»³.

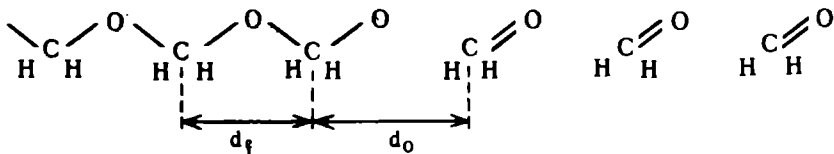
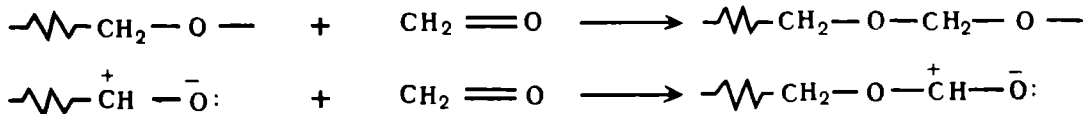
В этих условиях нельзя говорить о том, что рост полимерных цепей происходил при 4 К, более того — вообще нет смысла говорить о температуре реакции, ибо внутренняя энергия системы в каждом элементарном акте химического превращения определяется не величиной $k_B T$, а порцией энергии, которую поле излучения передает возбуждаемой химической связи.

КВАНТОВЫЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПРЕДЕЛ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Счастливым находкой в исследовании радиационной низкотемпературной

³ Абкин А. Д., Хомиковский П. М., Волкова Е. В., Луховицкий В. И. — «Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева», 1973, т. 18, с. 246.

твердофазной полимеризации явился формальдегид (CH_2O). В конце 1970 г.— начале 1971 г. коллектив сотрудников ИХФ в составе И. М. Баркалова, А. М. Каплана, Д. П. Кирюхина и автора этих строк обнаружил, что даже при температуре жидкого гелия полимеризация кристаллического формальдегида под действием ионизирующего излучения происходит с очень большим, типично цепным радиационно-химическим выходом: $G \sim 10^7$ при 104 К, $G \sim 10^5$ при 77 К и $G \sim 10^3$ при 4 К. Таким образом, впервые наблю-



Возможные элементарные процессы и упрощенная геометрическая схема полимеризации формальдегида.

Молекула формальдегида, расположенная на расстоянии d_0 от концевой группы полимерной цепи, переходит в другое состояние (на меньшем расстоянии d_f от соседней группы), превращаясь в концевую группу полимера. Расстояние между соседними молекулами формальдегида меняется на величину $\Delta d = d_0 - d_f$.

дался спонтанный рост цепей полимеризации в твердой фазе при низких и очень низких температурах. Дальнейший ход событий показал, что формальдегид действительно оказался весьма удачным модельным объектом исследования именно молекулярного туннелирования, т. е. наиболее фундаментального процесса квантовой химической кинетики — подобно, скажем, мушке дрозофиле в генетике или кишечной палочке в молекулярной биологии. Его полимеризация должна сопровождаться приближением молекулы формальдегида, как целого, к полимерной цепи на расстояние Δd , ибо плотность полиформальдегида выше, чем у исходного мономера. Кроме того, при полимеризации происходит изменение всей

геометрии системы — вместо пачек плоских треугольных молекул мономера возникают длинные цепи полиоксиметилена с чередующимися атомами углерода и кислорода в основной последовательности и тетраэдрической структурой связей каждого атома углерода с двумя атомами водорода и двумя атомами кислорода.

Таким образом, приращение каждого нового звена полимерной цепи есть элементарный акт химической реакции в полном смысле этого слова.

Необходимо было исследовать ки-

нетику и механизм процессов роста цепей полимеризации формальдегида.

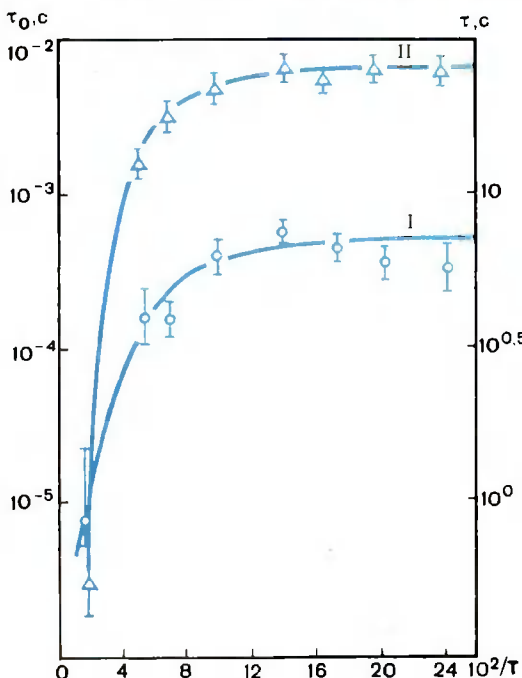
Поскольку полимеризация формальдегида сопровождается довольно значительным тепловыделением (около 0,4 эВ), то чтобы проследить кинетику роста полимерных цепей, удобно было избрать наблюдение за скоростью выделения тепла.

Для этого мы использовали малоинерционные калориметры и разработали специальную конструкцию магнитного затвора, который давал возможность весьма быстро (за сотые доли секунды) включать и выключать поле излучения. Нами была поставлена целая серия экспериментов по определению продолжительности роста полимерных цепей τ при разных дозах и интенсивности облучения и различной длительности радиационного воздействия на мономер. В проводимых опытах изучалась полимеризация в поле облучения и постполимеризация. Тщательные исследования показали, что и тот, и другой процессы характеризуются одинаковыми значениями τ .

Это обстоятельство, равно как и большие радиационно-химические выходы, убедительно подтвердили, что ионизирующее излучение кобальта-60 не участвует в процессе роста полимерных цепей, а только инициирует полимеризацию.

Кроме того, полученные результаты позволили отвергнуть возможные предположения о том, что скорость полимеризации могла как-то возрастать из-за разогрева образцов излучением кобальта-60 или теплом самой реакции полимеризации (оценки показывают, что макроскопический разогрев этими двумя источниками тепла в условиях наших опытов не превышал соответственно 0,1 и 0,5°).

Зная время роста всей полимерной цепи τ и радиационно-химический выход полимеризации G , можно было достаточно



Температурная зависимость полного времени роста полимерной цепи при полимеризации формальдегида τ (кривая I, правая ордината) и среднего времени приращения одного нового звена к цепи полиформальдегида $\tau_0 = \frac{\tau}{G}$ (кривая II, левая ордината).

точно оценить и среднее время приращения одного нового звена в цепи полимеризации формальдегида:

$$\tau_0 \approx \frac{\tau}{G}$$

Определив абсолютные величины τ и τ_0 и получив их температурные зависимости с характерным выходом τ и τ_0 на плато при очень низких температу-

рах (5—10 K), мы пришли в 1973 г. к главному результату нашей работы. Им стало открытие квантового низкотемпературного предела скорости химической реакции на примере радиационно-иницированной твердофазной полимеризации формальдегида.

Чтобы проиллюстрировать, сколь сильным оказалось отклонение фактической скорости роста цепей полимеризации формальдегида от ожидаемого по закону Аррениуса, укажем, что в области от 10 до 4 K на опыте было найдено значение $\tau_0 \sim 10^{-2}$ с, тогда как экстраполяция по закону Аррениуса от 140 K дала бы $\tau_0 \sim 10^{30}$ лет при 10 K и $\tau_0 \sim 10^{100}$ лет (!) при 4 K.

Сопоставление скоростей полимеризации обычного и дейтерированного формальдегида при очень низких температурах показало, что эти скорости практически одинаковы, и позволило отбросить гипотезу о туннелировании атомов водорода как стадии, определяющей скорость роста полимерных цепей формальдегида.

По тем или иным соображениям удалось отвергнуть и другие гипотезы, которые могли претендовать на объяснение обнаруженного нами низкотемпературного предела скорости полимеризации формальдегида⁴.

В конечном счете, в 1973 г. мы пришли к истолкованию механизма спонтанного низкотемпературного роста полимерной цепи на основе концепции молекулярного туннелирования, т. е. представлений о подбарьерном переходе мономерной молекулы формальдегида. Зная из наших опытов скорость роста цепей полимеризации формальдегида и воспользовавшись различными теориями, предложенными в последние годы в США Г. Эйрингом, М. Каша и др., мы могли оценить, на какую величину Δd меняется расстояние между соседними группами формальдегида при преобразовании молекулы мономера в концевую группу полимерной цепи, если описывать такое преобразование с помощью концепции молекулярного туннелирования. Оценки дали величину $\Delta d \sim 0,4—0,5$ Å, что находится в разумном согласии с величиной, ожидаемой из различия плотностей кри-

⁴ Подробнее об этом см.: Гольдманский В. И. Явление квантового низкотемпературного предела скорости химических реакций. — «Успехи химии», 1975, т. 44, № 12, с. 2121.

сталлического формальдегида и полиоксиметилена. Было бы, конечно, желательно произвести в будущем прямую проверку величины Δd путем рентгеноструктурного (или нейтроноструктурного) сопоставления геометрии химических связей в нашем полимере и в мономерном формальдегиде.

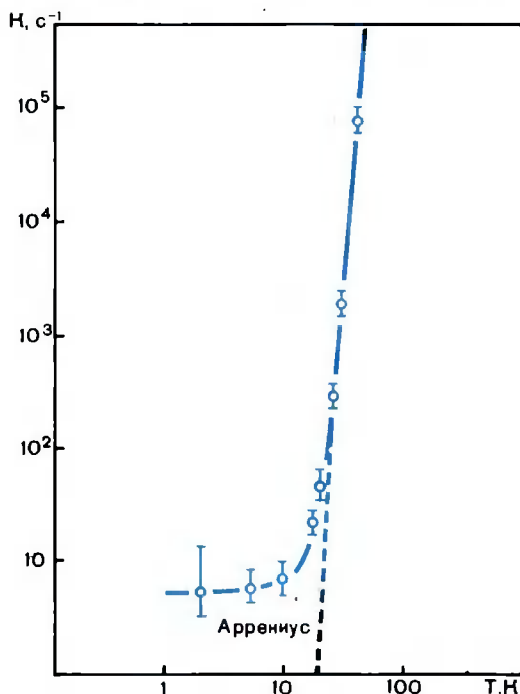
КВАНТОВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

«Проповедаю» картину молекулярного туннелирования как объяснение низкотемпературного роста цепей полимеризации формальдегида, мы столкнулись со скептиками, отрицающими возможность туннелирования целых молекулярных групп на столь заметные расстояния, как десятые доли ангстрема. Обсуждая такую возможность, воспользуемся сейчас наглядным примером, иллюстрирующим, помимо всего прочего, замечательное единство законов естествознания, единство наших представлений о строении вещества на уровне частиц, ядер, атомов и молекул.

Выше мы говорили, что показателем в экспоненте, характеризующей скорость туннелирования, является произведение $d\sqrt{2mE}$. Масса туннелирующих частиц при полимеризации формальдегида близка (и притом даже в несколько раз меньше) к массам осколков спонтанного деления ядер. Правда, расстояние туннелирования d в случае полимеризации формальдегида в несколько тысяч раз больше, чем путь осколков сквозь барьер при спонтанном делении ядер ($\sim 10^{-12}$ см), но зато высота барьера, препятствующего спонтанному делению ($\sim 10^6$ эВ), в десятки миллионов раз превышает энергию активации полимеризации твердого формальдегида в аррениусовской области температур ($E \sim 0,1$ эВ). Итак, мы приходим к выводу о возможной близости скоростей этих двух процессов и в этой связи можем вспомнить теперь об обнаруженном в 1963 г. в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований (Дубна) явлении спонтанного деления возбужденных (изомерных) ядер трансурановых элементов с характерными временами $10^{-3} - 10^{-1}$ с.

Прекрасным новым подтверждением концепции молекулярного туннелирования стали исследования Г. Фрауэнфельдера с сотрудниками (США, 1975), обнаружившими низкотемпературный предел скорости химической реакции для

совершенно иного класса реакций. Ими изучалась рекомбинация окиси углерода и гемопротеинов в интервале температур от 30 до 2 К после разрыва связи окиси углерода с железом под действием лазерной вспышки. Температурная зависимость константы скорости такой рекомбинации также выходит на плато ниже ~ 10 К. Оцениваемая ширина потенциального барьера составляет здесь $d \sim 0,5$ Å, т. е. практически совпадает с приведенной выше величиной Δd для полимеризации формальдегида в условиях наших опытов.



Температурная зависимость константы скорости [К] рекомбинации окиси углерода и β -гемоглобина после разрыва координационной связи окиси углерода — гемоглобин в карбоксигемоглобине под действием лазерной вспышки. [По данным Г. Фрауэнфельдера с сотрудниками, США].

Таким образом, сейчас можно говорить уже не только о самом факте существования низкотемпературного предела скорости химических реакций, но и о его объяснении с помощью концепции молекулярного туннелирования и о возникновении на этой основе квантовой химической кинетики, которая, несомненно, найдет себе весьма широкие приложения — и притом не только в химии, но и в других естественных науках.

К примеру, молекулярное туннелирование может играть большую роль в чрезвычайно важных для биологии клеток, физики и химии белков процессах туннельного переноса электронов между сложными молекулами биополимеров, а именно — в необходимых зачастую для такого переноса процессах конформационной перестройки (изменении геометрической формы молекул) биополимеров. Поскольку всякие электронные (в том числе и смешанные электронно-конформационные) переходы должны зависеть от разности энергий занятого уровня восстановителя и вакантного уровня окислителя, то их регуляторами могут служить электрические потенциалы мембран (тонких пограничных структур молекулярных размеров, расположенных на поверхности клеток), строение и функции которых привлекают сейчас самое пристальное внимание биохимиков и биофизиков.

Далее, наличие химических превращений при сверхнизких температурах заставляет гораздо серьезнее задуматься над тем, можно ли будет вернуть к жизни организм, подвергшийся длительному замораживанию в условиях, когда не исключено действие внешних инициаторов химических реакций (например, разных излучений).

Но еще важнее другое — вблизи абсолютного нуля перестают играть роль столь важные в термодинамике химических реакций энтропийные факторы, и потому равновесия всех превращений смещены в сторону протекания экзотермических реакций, даже таких, в которых образуются высокоупорядоченные системы. Правда, скорость реакций вблизи абсолютного нуля сильно снижена, но (применительно к процессам естественной эволюции) смело можно вспомнить слова В. В. Маяковского: «У меня, да и у вас в запасе вечность. Что нам потерять часок-другой?!»

Вполне возможно, что в условиях космического холода при наличии иницирования космическим излучением могут — хотя и весьма медленно, но верно — идти процессы образования даже самых сложных молекул, вплоть до белков, и что медленные, но четко направленные в сторону наибольшего тепловыделения химические реакции при низких и сверхнизких температурах могут играть определенную роль в процессах химической и биологической эволюции. Возникает возможность того, что можно назвать «холодной предысторией жизни».

Последними тремя абзацами был закончен уже упомянутый нами обзор в «Успехах химии».

Читатель легко представляет себе, как приятно было нам спустя всего несколько месяцев после написания вышеприведенных строк узнать из нескольких статей английского астрофизика Н. Викрамасингхе (1974—1975) об обнаружении полимеров формальдегида (именно формальдегида!) в межзвездном пространстве. Не требуется специальных пояснений, чтобы понять — цепная полимеризация в таких условиях могла происходить лишь описанным выше путем спонтанного низкотемпературного роста цепей, и если бы для образования каждого следующего звена в полимерной цепи требовалось попадание нового космического «снаряда» в сгусток молекул мономера (например, на поверхность силикатных частиц межзвездных пылевых облаков) по соседству со старой «воронкой», то вероятность возникновения межзвездных полимеров формальдегида оказалась бы исчезающе малой. Вот еще одно приложение новорожденной квантовой химической кинетики — на сей раз в астрономии, еще одно подтверждение того, что — вопреки бытующим иногда мнениям — и в наши дни химия отнюдь не превратилась в служанку физики и биологии, но способна питать эти науки новыми основополагающими идеями.

УДК 541.124; 541.15

Мелиорации земель Крайнего Севера

В. В. Крючков



Василий Васильевич Крючков, доктор биологических наук, заместитель председателя Научного совета по проблемам освоения Крайнего Севера при ВАСХНИЛ. Основные научные интересы связаны с проблемами экологии, биогеоценологии, фитомелиорации. Работал на Кольском Севере, в Большеземельской тундре, на Ямале и Тазовском п-ве, в Якутии, на Чукотке. Автор книг: Крайний Север: проблемы рационального использования природных ресурсов. М., 1973; Чуткая Субарктика. М., 1976; и многих популярных статей в журнале «Природа».

Уже давно в научных кругах прекратилась дискуссия, нужно ли развивать сельское хозяйство на Крайнем Севере. Население этого гигантского региона, занимающего около 50% площади нашей страны, стремительно растет и будет расти еще быстрее. Ясно, что полностью удовлетворить его потребности в овощах и картофеле, молоке и мясе смогут — наряду с привозными — свои северные сельскохозяйственные продукты. Однако почвы Севера в их естественном состоянии имеют низкую температуру, переувлажнены и бедны питательными веществами, и поэтому не могут быть основой интенсивного сельского хозяйства. Необходимы мелиорации, в результате которых почвы должны стать более теплыми, плодородными, сухими.

Но вот каким образом мелиорировать (это слово образовано от латинского *melioratio* — улучшение), чтобы не получить обратного результата, т. е. не ухудшить природной обстановки Крайнего Севера. Дело в том, что его природные экосистемы чрезвычайно уязвимы. Почти любое вторжение в них человека часто вызывает негативную для человека же реакцию. Поэтому добиться улучшения

земель можно, лишь применяя хорошо продуманный широкий комплекс мелиораций, разработанный на основе всестороннего анализа природы той или иной территории.

В поездках по Северу нашей страны мне пришлось видеть результаты действия всех видов мелиорации, используемых здесь. К тому же в последние годы в Научном совете по проблемам освоения Крайнего Севера ведется анализ эффективности мелиорации на этих территориях, и я также принимаю участие в этой работе. Эти заметки и посвящены проблеме улучшения северных земель.

Улучшить сельскохозяйственное угодые можно, изменяя, например, влажность его почвы.

Большинство земель Крайнего Севера переувлажнены. Объясняется это тем, что на большей части Крайнего Севера влаги в виде снега и дождя поступает больше, чем испаряется. На испарение избыточной влаги затрачивается около 60—90% тепловой энергии, поступающей на единицу поверхности. Вот откуда низкие температуры почв. К тому же увеличению влажности и низким температурам способствует вечная мерзлота, распространенная на большей части территории Крайнего Севера. Если сбросить избыточную влагу, земли станут суше; одновре-

менно повысится и температура почвы, так как часть тепла, идущая на испарение влаги, после ее удаления пойдет на нагревание почвы. Так что осушение почвы — это одновременно и тепловая мелиорация.

В нашей стране накоплен большой опыт по осушению почв. Но просто перенести его в зону вечной мерзлоты на Крайний Север нельзя. Дренажные каналы, которые обычно роют на осушаемых землях средней полосы, на вечномёрзлых грунтах оплывают или превращаются в термокарстово-эрозионные овраги. Более того, если на осушаемом участке имеются подземные льды, на месте канав могут образоваться провалы глубиной в несколько метров. Поэтому в целях сброса избыточной влаги нужно сгонять снег до того, как оттает почва. Этого можно добиться путем мульчирования, т. е. посыпания снега пылью, сажай, торфяной крошкой и т. д. Для водных мелиораций нужно выбирать участки, на которых нет подземных льдов.

Но на Крайнем Севере имеются и места с сухим континентальным климатом, где влаги так мало, что требуется орошение. Это прежде всего Якутия, пограничные с ней западные окраины Магаданской области и некоторые другие районы. В Якутии уже применяют лиманное орошение и дождевание. Однако, как и в других засушливых районах, здесь орошение нередко ведет к засолению почв. Кроме того, при обводнении на вечной мерзлоте часто поднимается уровень верхнего слоя мерзлоты, т. е., другими словами, почвы становятся более холодными. Чтобы избежать нежелательных последствий, необходимо точно определить время для орошения, нужное количество воды, тщательно выбирать участки, пригодные для этого вида мелиорации — пологие склоны, легкие грунты и т. д.

Улучшить качество сельскохозяйственных земель можно с помощью снежной мелиорации — накопления снега, его искусственного уплотнения или более раннего сгона, таким способом можно регулировать температурный режим почвы, динамику верхнего слоя вечной мерзлоты, запасы влаги, длительность бесснежного и вегетационного периодов. Убрать снег весной — в конце марта, апреле или даже в начале мая (в зависимости от района и условий погоды) — это единственный способ удлинить вегетационный период в северных хозяйствах. В это время солнце светит в течение большей части

суток или даже не заходит, а мощность снега, который отражает 70—90% солнечной радиации, достигает еще нескольких десятков сантиметров. При удалении снега резко изменяется альбедо, т. е. отражательная способность поверхности, темная почва нагревается, повышается ее температура, а также температура приземного слоя воздуха. Известно, что в окрестностях Кировска, Мончегорска, Мурманска, Воркуты, Норильска и других городов запыленный снег сходит на 10—20 дней раньше, чем в открытой незапыленной тундре и в лесах. На небольших участках снег можно убирать с помощью машин. В совхозе «Тауйский» Магаданской области, где применяют снежную мелиорацию, сгон снега позволяет увеличить вегетационный период на 10—15 дней, при этом температура почвы на глубине 5 см в третьей декаде мая повышается на 1,5—2,0°, а среднесуточная температура воздуха (на высоте 2 м) переходит 10° С на 7—8 дней раньше обычного. Наибольший тепловой эффект при сгоне снега проявляется в 5—10-сантиметровом слое почвы и в 10—50-сантиметровом слое воздуха. Это большой резерв тепла в условиях Крайнего Севера.

Так, регулируя влагу на полях, можно добиться некоторого улучшения угодий.

Мелиорировать можно и саму землю. Особое значение на Севере приобретает борьба с эрозией почв. Еще совсем недавно считали, что вечная мерзлота консервирует рельеф, ограничивает эрозию, и в частности препятствует возникновению оврагов¹. Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное освоение Крайнего Севера показало ошибочность этого представления. Овраги на вечной мерзлоте при уничтожении и нарушении мохово-травянистой дернины возникают быстрее, чем в средней полосе². Причем растут эти овраги и в дождливую, и в сухую теплую погоду за счет таяния подземных льдов. К сожалению, почти ни одно мероприятие, разработанное для борьбы с оврагами в средней полосе, не

¹ Григорьев А. А. Субарктика. М.—Л., 1946; Соколов А. А. Гидрография СССР. Л., 1952.

² Крючков В. В. Крайний Север — проблемы рационального использования природных ресурсов. М., 1973; Хант-мер И. С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л., 1974.

подходит для Крайнего Севера с вечно-мерзлыми грунтами. Сельскохозяйственные угодья на Крайнем Севере сосредоточены в основном вокруг промышленно-индустриальных центров и населенных пунктов. Именно здесь быстро растут термокарстово-эрозионные овраги, провалы, которые занимают, по нашим подсчетам, от 10 до 40% поверхности. Таких оврагов больше всего в местах, сложенных суглинками, которые содержат подземные жильные льды.

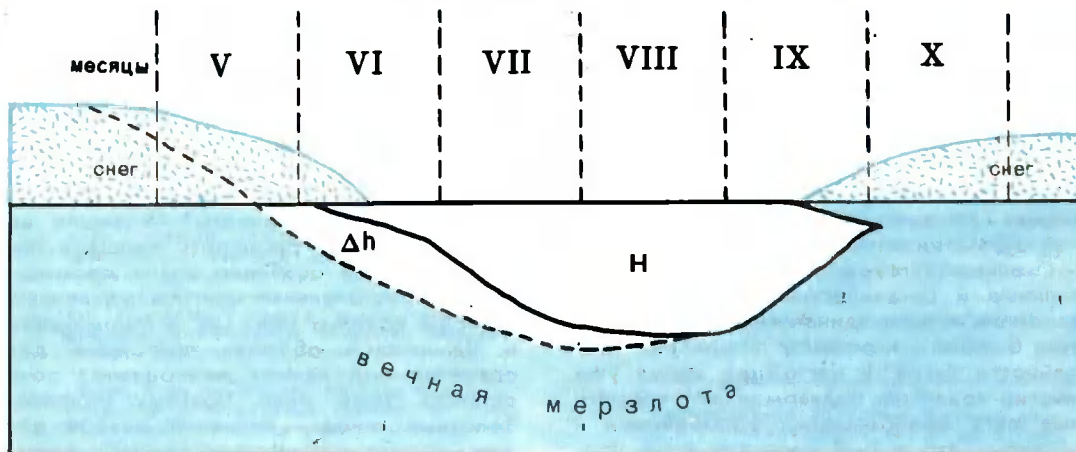
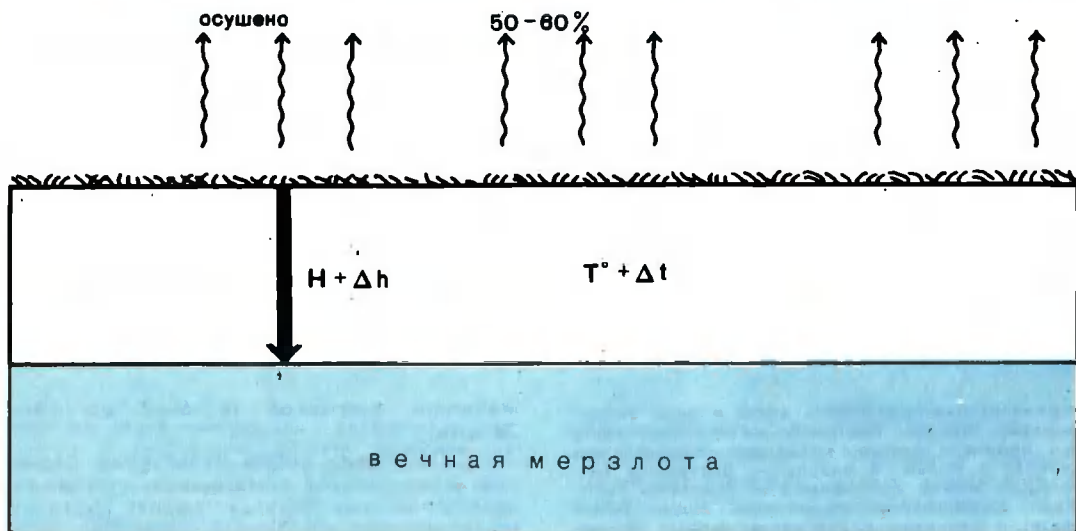
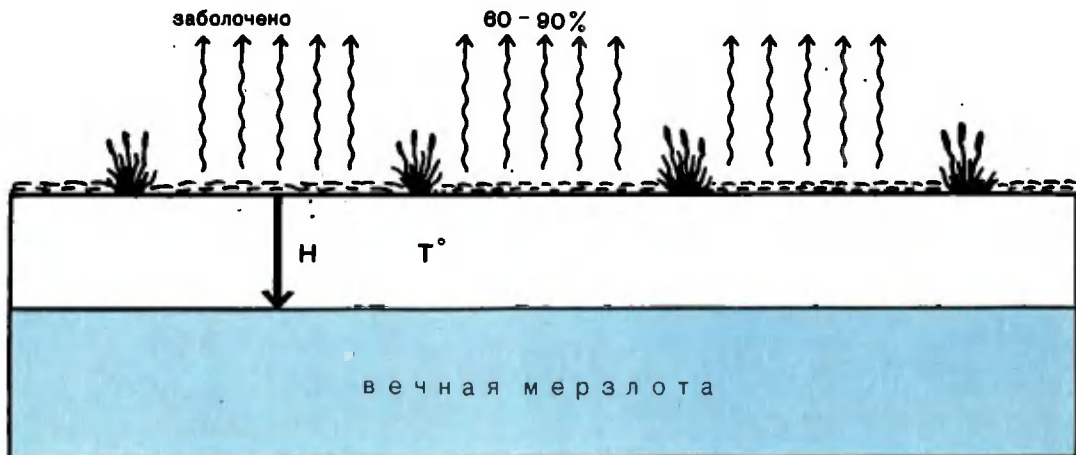
Однако с термоэрозией можно бороться с помощью простых профилактических мероприятий. Канавы и провалы можно засыпать (преимущественно в зимнее время, когда нарушения почвенно-растительного покрова, производимые транспортом, наименьшие). Материал для засыпки — самый различный: камни, щебень, песок, строительный мусор и т. п. В некоторых местах используют даже пустые бочки из-под бензина, которых на Севере очень много в окрестностях населенных пунктов. Самый верхний слой засыпки должен быть песчаным или супесчаным. Засыпанные овраги и провалы становятся хорошим грунтом, если их засеять местными злаками.

Итак, овраги на Крайнем Севере растут особенно быстро на землях с вечной мерзлотой, в основном на междуречных пространствах. Другая беда у земель речных пойм (где вечная мерзлота мало препятствует мелиорации) — огромное количество небольшого кустарника, мешающего работе сельскохозяйственных машин. Заросли кустарниковых ив и ольхи занимают на разных поймах от 50 до 80% их площадей. А между тем луговые пойменные угодья — основной источник получения сена, силоса, а также пастбищных кормов. Огромное значение для развития молочного животноводства имеют поймы крупных рек — Печоры, Оби, Енисея, Лены. Не нужно забывать и о меньших реках, таких как Поной, Мезень, Уса, Надым, Пур, Таз, Хета, Котуй, Хатанга, низовья Яны, Индигирки, Колымы, Анадыря и др. Наши расчеты показали, что сенокосы и выпас сейчас производятся лишь на небольших площадях, составляющих в среднем 5—20% от всей территории пойм Крайнего Севера.

Расширить площади сенокосов и пастбищ можно, очистив луга от кустарников. В совхозе «Большая Инта» Коми АССР подсчитана стоимость освоения закустаренных площадей. Она составляет 250—300 руб/га, в то время как освоение

Схема распределения тепла и оттаивания почвы на заболоченном и осушенном участках тундры. На заболоченном участке 60—90% поступающего тепла расходуется на испарение влаги, из-за чего почва оттаивает на небольшую глубину [H], не превышающую нескольких десятков сантиметров; температура почвы [T'] невысока. На осушенном участке на испарение воды идет меньше тепла (50—60%), и поэтому значительно больше его поступает на прогревание почвы, слой оттаивающей почвы становится большим [H + Δh], повышается и температура [T° + ΔT°].

Схема изменения бесснежного периода и оттаивания почвы при удалении снега. При искусственном сгоне снега (пунктирная линия) увеличивается бесснежный и вегетационный периоды на 15—20 дней, возрастает температура почвы и глубина ее оттаивания [Δh]. H — оттаявший в летнее время слой почвы.





Термокарстово-эрозионный овраг в зоне вечно-мерзлых грунтов. По этому месту всего один раз проехал трактор, содравший растительную дернину с почвы. В результате нарушился теплообмен между атмосферой и мерзлыми грунтами, содержащими подземные льды. Овраг растет в основном в солнечную теплую погоду, когда интенсивно тает мерзлый грунт и подземные льды. Подъезжать к таким оврагам летом ближе чем на 3—4 м опасно из-за непрерывного сползания грунта. Якутская АССР.

залесенных подзолистых и заболоченных земель обходится в 5—8 раз дороже.

Для интенсификации урожаев на пойменных луговых почвах нужны минеральные и органические удобрения. Это основной и пока единственный доступный путь быстрого и резкого повышения урожайности лугов. В настоящее время уже многие хозяйства подкармливают пойменные луга минеральными удобрениями и навозом. Это в 2—3 раза повышает уро-

жайность сенокосов (с 6—8 до 14—24 ц/га).

Поскольку корни культурных растений, в отличие от кустарников, кустарничков и многих других диких растений Крайнего Севера, почти не обладают микоризой, способствующей получению минеральных соединений из почвы, то известкование и удобрение почв на Крайнем Севере в большинстве случаев определяют рентабельность всех остальных видов мелиорации.

Удобрения необходимы и болотным почвам. Но из торфяно-болотных почв можно осваивать только те, под которыми нет вечной мерзлоты³. Улучшив их качество, можно расширить площади пахотных угодий особенно возле промышленно-индустриальных центров, удаленных от пойм крупных рек. Так, в Мурманской и Камчатской областях пригодных для освоения под пашню минеральных почв осталось очень мало. Поэтому торфяно-болотные почвы — основной резерв для дальнейшего расширения сельскохозяйст-



Один из видов мелиорации — удаление камней с поля. В Мурманской области, например, на каждом гектаре находится не менее 250—300 м³ камней. После их удаления и выравнивания поверхности получается практически бесплодная земля, требующая дальнейшего окультуривания.

венных угодий. Эти почвы более плодородны, чем минеральные, т. е. песчаные и супесчаные подзолистые почвы; на торфяно-болотных почвах требуется меньше

³ При окультуривании любых торфяно-болотных почв на Севере их температуры понижаются. На торфяно-болотных почвах слой летнего оттаивания незначительный — 20—30 см, под мочажинами он несколько больший. При удалении воды, осушении верхнего слоя торфянистой почвы создается покров воздушно-сухого рыхлого органического вещества, обладающего теплоизолирующим свойством и потому препятствующего прогреванию почвы. Если осушивать торфяно-болотные почвы на вечномёрзлых грунтах, то слой сезонного оттаивания резко уменьшается, и почвы становятся непригодными для культурных трав.

органических удобрений, здесь обычно нет лесов, огромных валунов и камней. Осваивают прежде всего низинные и переходные болота, которые после осушения, обработки, известкования, внесения удобрений обычно засевают многолетними травами. Однако для получения хороших урожаев зеленой массы трав на бывших болотах необходимо ежегодно внести 100—140 кг/га азотных удобрений, 40—100 фосфорных, 40—100 кг/га калийных⁴.

В результате болото в течение 2—3 лет превращается в высокопродуктивное угодье. При этом в почвах улучшается аэрация, усиливаются процессы гумификации растительных остатков, понижается влажность.

Окультуренные торфяно-болотные почвы обладают устойчивым водным ре-

⁴ Рекомендации по интенсификации сельского и промышленного хозяйства в районах Европейского Крайнего Севера. М., 1975.



Домашние северные олени на тундровых пастбищах. Большая концентрация оленей на пастбищах до 2—2,5 тыс. голов в стаде ведет к выбиванию растительности и особенно лишайников. Это обуславливает необходимость фито-мелиорации пастбищ, т. е. их залужения.

жимом даже в засушливые годы. На песчаных и супесчаных почвах культурные растения в Мурманской области почти ежегодно страдают от засухи.

Улучшить тепловой режим осушенных торфяников в суровых климатических условиях Севера удастся с помощью гребневого микрорельефа, создаваемого на пашне. На гребнях высотой 35—40 см урожай получается на 45% выше, чем на ровной поверхности, поскольку темпера-



тура почвы в гребнях на глубине 15 см на $1,5-3,0^\circ$ выше, чем на ровной поверхности, а водно-воздушный режим благоприятнее. Эффект от использования этого метода получен уже в Мурманской, Камчатской областях, в Западной Сибири.

Поддаются улучшению лесотундровые и тундровые земли, но освоение их тоже требует известкования и большого количества удобрений (4 т/га извести и 50—60 т/га навоза). Конечно, освоение

тундры обходится дорого, но там, где вблизи городов отсутствуют поймы рек и невозможно освоение торфяно-болотных почв (в зоне вечной мерзлоты), приходится улучшать и такие земли.

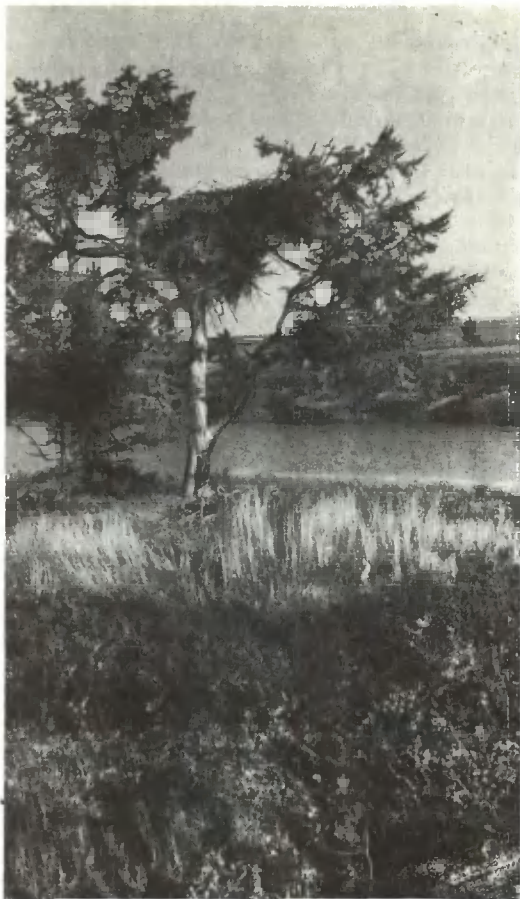
Примечательно, что хорошим и быстро действующим органическим удобрением на этих территориях могут служить фекалии. Урожай трав на участках совхоза «Центральный», близ Воркуты, удобренных фекалиями, возросли в 3—5 раз.

Еще один способ мелиорации земель Крайнего Севера — целый комплекс мероприятий, преобразующий сельскохозяйственные угодья с помощью травянистой и древесно-кустарниковой растительности, — так называемая фитомелиорация. Несомненно, что она улучшает микроклиматические, гидрогеологические, почвенные и биологические условия мелиорируемых участков.

Хотя мысль о биологическом воздействии в целях улучшения сельскохозяйственных угодий не нова и развивалась еще в начале нашего века В. В. Докучаевым, П. А. Костычевым, А. И. Воейковым и др., до сих пор она оценивается недостаточно.

Мне бы хотелось остановиться на возможности фитомелиораций оленьих пастбищ. Площадь их огромна — 450—500 млн га. На них содержится около 2,4 млн домашних северных оленей. Ценность этих животных будет понятна, если вспомнить, что себестоимость оленьины в 1,5—3,0 раза ниже себестоимости мяса других домашних животных. За последние 60 лет количество оленей выросло на 1 млн голов. Это не могло не сказаться на растительности пастбищ. Исследования ботаников однозначно свидетельствуют — олени пастбища от Мурманской области до Чукотки выбиваются. Уже много лет говорят о необходимости приостановить этот процесс, выдвигаются проекты стимуляции роста лишайников авиацимическими методами. Однако положение не изменяется, запасы лишайниковых кормов уменьшаются.

Поскольку скорость роста лишайников всего несколько миллиметров в год, восстановить их можно лишь в течение нескольких десятилетий, причем только при полном исключении выбитых пастбищ из хозяйственного пользования. Однако мы не можем допустить и снижения поголовья северных оленей. Поэтому единственно реальный путь в создавшейся ситуации — создание лугов (залужение)



Небольшой участок тундровой зоны с луговыми травами, окруженный тундровой мохово-кустарниковой растительностью. Он непрерывно удобряется (в данном случае экскрементами и отходами пищи под гнездом орла), в результате чего происходит самозалужение тундры. Якутская АССР.

Разрастание злаков возле промыслово-охотничьей избушки в результате удобрения бытовыми отходами. В пересчете на гектар урожайность зеленой массы достигает здесь 22—25 ц, что в 4—6 раз превышает прирост фитомассы в окружающей тундре. Большеземельская тундра.

сначала на сильно выбитых участках тундровых пастбищ, а потом и на менее поврежденных.

Травянистые растения на Севере вырастают на десятки сантиметров за один-полтора месяца, их масса во много раз превышает массу лишайников. Конечно, залужение дает хорошие результаты в сочетании с известкованием и минеральными подкормками. По нашим подсчетам, такая мелиорация позволит в ближайшие годы восстановить наиболее выбитые участки оленьих пастбищ на площади 1,5 млн га в Мурманской области, 4 млн га в Архангельской области и Коми АССР и около 10 млн га — в Азиатской части нашей страны. Следует, правда, отметить, что к травянистым пастбищам пока лучше всего приспособлен олень-харгин, питающийся даже в зимнее время преимущественно засохшими травами, которые он выкапывает из-под снега. Олень-харгин имеется в настоящее время только в Якутской АССР и Магаданской области.

С 1963 г. на Мурманской оленеводческой станции проводятся опыты по залужению выбитых участков на оленьих пастбищах. На делянках площадью в несколько квадратных метров высаживают местные виды: луговика извилистого и овсяницы овечьей. Выбор на эти растения пал потому, что они обычно вырастают первыми на территориях, лишенных из-за деятельности человека растительного покрова; под снегом они сохраняют значительную часть фитомассы в зеленом состоянии. В естественных условиях эти злаки на выбитых местах появляются не ранее чем через 6—7 лет, так как для заноса семян извне и прорастания требуется много времени. Опыты показали, что посев трав с внесением удобрений может резко увеличить запасы кормов.

Приблизительно такие же опыты проводились на горных безлесных пастбищах в Швеции и Финляндии. Финский иссле-



дователь С. А. Ребекксдален в 1966 г. вел наблюдение на делянке, где преобладали кустарнички — черника и вороника, встречались травы — овсяница овечья и луговик извилистый. На каждый гектар делянки ежегодно вносили 13—15 кг фосфорных, 30—40 калийных и 30—50 кг азотных удобрений. Подсев трав не проводился, но с каждым годом масса трав увеличивалась, причем уже в 1968 г. доминировал луговик извилистый. Урожай сухого вещества с гектара равнялся в 1968 г. 2600 кг, в 1969 г. — 2700 кг.

В тундре часто можно видеть, как постоянно удобряемые участки зарастают луговыми травами и резко выделяются на фоне мохово-кустарничковой тундровой растительности. Объясняется это тем, что удобрения помогают травам в конкурентной борьбе с бескорневыми растения-

ми — мхами и лишайниками, а также с олиготрофными кустарничками, обладающими способностью посредством симбиоза с грибами — микоризообразователями получать дефицитные минеральные элементы питания.

Наши многолетние наблюдения в тундре и обобщение имеющихся материалов свидетельствуют о том, что благоприятное воздействие на природу тундры оказывают древесно-кустарниковые полосы. Пожалуй, они так же действенны, как и лесополосы в степях. Лесокустарниковые полосы ослабляют силу ветра; влияние их сказывается на расстоянии, превышающем высоту древесно-кустарниковых растений в 3—6 раз. Если устроить лесополосы из лиственниц сибирской и даурской и ели сибирской на расстоянии примерно 100 м одна от другой, а про-

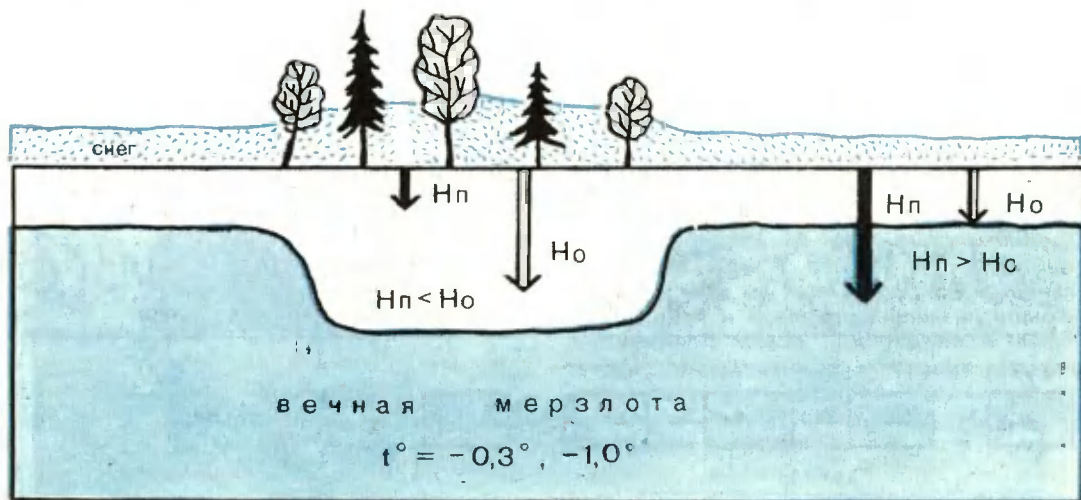
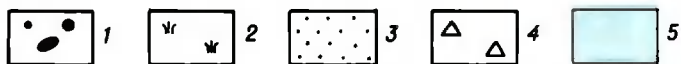
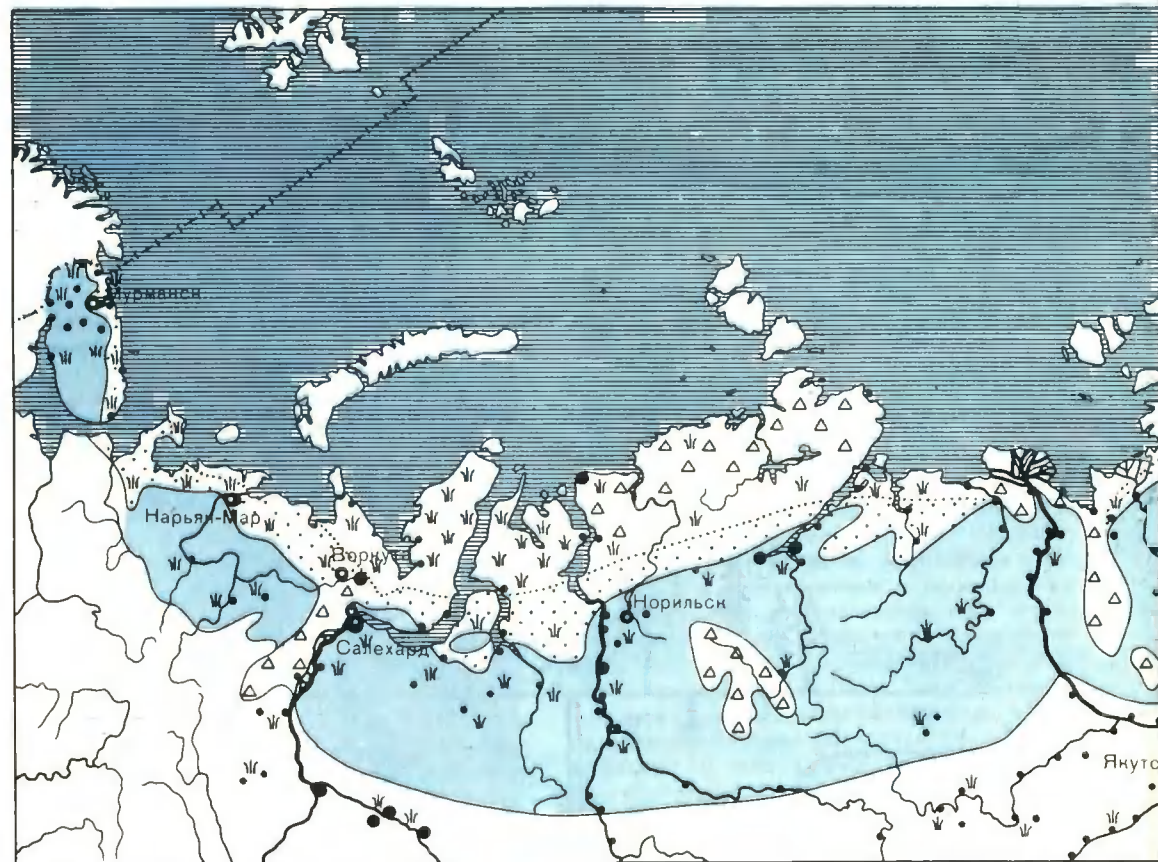


Схема изменений параметров экосистемы при лесомелкоярации тундровых участков с высоко-температурными мерзлыми грунтами. Снег, задерживаемый древесной растительностью, препятствует глубокому промерзанию почвы (H_p), поэтому глубина оттаивания (H_o) превышает глубину промерзания ($H_p < H_o$).

Увеличивается мощность сезонно-талого слоя, понижается уровень мерзлых грунтов. Поэтому верхняя часть почвы осушается, повышается ее температура, так как часть тепла, которая раньше тратилась на испарение избыточной влаги, теперь идет на нагревание верхнего слоя почвы. Одновременно улучшается воздушный режим почвы, а также минеральное питание растений, так как увеличивается объем почвы, из которого корни растений черпают питательные вещества.

странство между ними разбить еще одной-двумя полосами — кулисами из ивовых кустарников, влияние ветра будет несущественным, а значит почва в летнее время будет меньше выхолаживаться. По нашим наблюдениям, на защищенном лесополосами участке ветер имеет скорость всего 1,5—3,0 м/с по сравнению с 6—7 м/с на открытом месте; соответственно температура почвы равняется в одно и то же время 10° в открытой тундре и 14° под укрытием лесополосы.

В зимнее время лесополосы, умеряя силу ветра, способствуют равномерному накоплению снега, а снег, как известно, предохраняет почву от интенсивного зимнего промерзания, а значит и от вымерзания многолетних трав. Например,



Перспективная схема мелиорации земель на Крайнем Севере.

1 — окрестности промышленно-индустриальных центров, городов и поселков, где можно применять почти все виды мелиораций земель; 2 — районы тайги, лесотундры и тундры, где возможно залужение пастбищ травами; 3 — полса относительного безлесия тундровой зоны, где возможна лесомелиорация; 4 — горная тундра, разреженная растительность гольцов, где никакие виды мелиорации пока не целесообразны; 5 — лесотундра и редколесье, северотажные леса — зоны наиболее перспективного сельскохозяйственного освоения на Крайнем Севере, где можно применять все виды мелиораций.

в окрестностях Воркуты температура многолетнемерзлых грунтов летом близка к 0° . Это неустойчивая, или, как говорят мерзлотоведы, высокотемпературная мерзлая толща. Зимой при высоте снега 70—80 см почва промерзает примерно на 1,0—1,2 м, а оттаивать летом может до глубины 1,5 м и больше. Лесокустарниковые полосы позволяют увеличить мощность снега, уменьшить промерзание почвы, повысить температуру грунтов и тем самым ликвидировать мерзлоту на осваиваемом участке. В Воркуте и его окрестностях под древесно-кустарниковыми насаждениями, в частности в парках и скверах, уровень многолетней мерзлоты опускается. А понижение его — это улучшение теплового, гидрологического,



мышленного и сельскохозяйственного освоения тундры, не вечная мерзлота, а растительность предохраняет почву от эрозии.

Затраты на создание в тундре лесополос окупаются за 5—7 лет. На Ямальской опытной станции 100 м четырехрядной полосы с 200 деревьями стоили около 300 руб. Уже в первые годы существования лесополосы урожайность картофеля и овса в сфере ее действия повысилась на 20—40 ц/га⁵.

Нельзя забывать, что созданные человеком лесокустарниковые полосы — это плата за неразумное пользование лесами на Крайнем Севере. По нашим данным, на территории южной тундры редколесья уничтожены в основном именно человеком, и пришла пора их восстановить.

Итак, мы рассказали о всех основных видах мелиораций, применяемых на Крайнем Севере, их преимуществах и недостатках. Совершенно ясно, что одни только гидротехнические мелиорации не смогут улучшить земель Крайнего Севера. По моему мнению, основой мелиоративных работ должно стать создание сеяных лугов, защищенных лесокустарниковыми полосами, вокруг промышленных центров Крайнего Севера. Без этого немислимо усиленное развитие молочного животноводства.

Так же как полностью распашанная зона степей и лесостепей стала основным поставщиком хлеба, так тундра и лесотундра, превращенные в луговые агроценозы, смогут со временем стать поставщиком оленьего мяса, шкур и другой продукции животноводства.

азрационного режимов почв. Они лучше дренируются, становятся суше и теплее.

Известно, что Н. И. Вавилов фактором, препятствующим продвижению земледелия в тундру, считал не столько холод, сколько заболоченность, которую можно устранить посредством дренажа. Но дренажные каналы в условиях вечной мерзлоты оплывают и не сохраняются. Между тем биологический дренаж с помощью древесно-кустарниковой растительности довольно перспективен. Лесополосы на участках, окруженных ими, способствуют улучшению микроклимата приземного слоя, гидротермического режима почвы, уменьшают избыточность влаги.

Кроме того, как показал опыт про-

⁵ Система ведения сельского и промышленного хозяйства на Крайнем Севере. Красноярск, 1969.

Несохраняющаяся четность в молекулярном мире организмов

Л. Л. Морозов

Ну как, поедешь за зеркало, Китти?
Не знаю только, дадут ли тебе там
молока, а главное, будет ли тебе по-
лезно это зеркальное молоко.

Л. Кэрролл. За зеркалом и что
там увидела Алиса



РАЗБИТОЕ ЗЕРКАЛО

Существует древняя восточная эмблема — Йинь и Янь: в круг вписаны две асимметричные капли — левая и правая. В течение многих веков, рассматривая эту эмблему, люди размышляли над вечной борьбой всех противоположностей на свете, ибо если Йинь означает добро, то Янь — зло, если Йинь — правда, то Янь — ложь, если Йинь — страсть, то Янь безразличие, а главное, если Йинь — жизнь, то Янь — смерть. Одно из наиболее поразительных свойств молекулярного мира живых организмов состоит в том, что последнюю аллегорическую следует понимать буквально: «левое» означает жизнь, а «правое» — смерть.

Биологически важные молекулы асимметричны, причем не столько из-за одинаковой «закрутки» спиралей белков и ДНК, сколько из-за того, что трехмерное строение их элементарных кирпичиков — аминокислот и нуклеотидов — обладает особым свойством киральности, или руч-

Леонид Леонидович Морозов, кандидат физико-математических наук, руководитель отдела химической физики Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Транспрогресс» Министерства строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности СССР. Занимается теорией структуры и физико-химических свойств органических жидкостей и гетерогенных систем. Основные научные труды посвящены физическим и биохимическим свойствам киральных молекулярных систем.

ности (от греч. χεῖρ — рука). Любой такой кирпичик может существовать в двух зеркально-антиподных формах. Трудно представить себе что-либо более сходное, чем зеркальные антиподы. Чтобы назвать один из них правым, а другой — левым, требуется произвольный акт выбора (мы привыкли делать этот выбор для винтов, перчаток и ботинок, однако трудно сказать, какая из двух асимметричных картофелин «левая», а какая — «правая»).

Было бы естественным ожидать поэтому, что молекулы — зеркальные близнецы (энантиомеры, или энантиоморфы) встречаются в природе одинаково часто. Однако так бывает лишь в неживой природе. Живые же организмы используют только левые (L) аминокислоты в белках и правые (D) сахара в рибонуклеиновых кислотах. Физики могли бы сказать, что в молекулярном мире организмов нарушена P-инвариантность, т. е. там, где работают белки и аминокислоты, наблюдается несохранение четности.

Гораздо позже открытия асиммет-

рии биомолекул обнаружилось, что в мире элементарных частиц старое доброе зеркало, которое привыкли считать источником истинной симметрии, оказалось разбитым; это произвело ошеломляющее впечатление. Один из очевидцев позже вспоминал, как он объяснял знакомому филологу причину возбуждения, в которое пришли физики: «...Я спросил его, упоминались ли когда-нибудь в литературе одноглазые гиганты. Он ответил, что да, и тут же привел целый перечень. Но все эти гиганты имели свой единственный

нигиляции», но, конечно, не самой молекулы, а ее биологических свойств.

В течение более чем ста лет природа асимметрии молекулярного портрета организмов обсуждается с самых разнообразных позиций. Отбросив гипотезу о первичном толчке асимметричной, «жизненной силы»², можно выделить два подхода к объяснению киральности биомолекул. Согласно гипотезе абиотического происхождения, асимметрия молекулярного мира — просто воспоминание о тех стадиях химической эволюции, которые сопровождали зарождение мира организмов. В этом случае в результате либо неполной симметрии внешних условий, либо случайности асимметрия молекул была сотворена физическим миром в процессе химических превращений, сопровождавших возникновение жизни. Второй подход (гипотеза биотического происхождения) предполагает, что несимметричный химический состав организмов есть результат борьбы за существование, в которой они выжили именно потому, что содержали необходимый для жизнедеятельности тип упорядоченности — кирально чистые молекулы.

Со времен Л. Пастера многие исследователи пытались объяснить молекулярную асимметрию биосферы условиями возникновения мира организмов — случайной внутренней асимметрией Земли или полей и излучений. В 1930 г. В. Кюн показал, что жидкость, состоящая из равных количеств антиподных молекул, может обогащаться одним из антиподов в зависимости от того, какова поляризация облучающего света — правая или левая. Неравное количество антиподов возникает и при синтезе их на поверхности асимметрических катализаторов (известно, например, что такие кристаллы, как кварц, составляющий около 20% земной коры, могут существовать в энантиоморфных асимметричных формах). Можно предположить, что в определенных участках поверхности Земли существовало неравное



Эмблема Инь и Янь.

глаз посреди лба. Так вот, потрясшее нас открытие состоит в том, что пространство подобно гиганту, у которого единственный глаз слева»¹.

Но именно несохранение четности, правда в мире других событий, и было обнаружено в середине прошлого века. Белки и рибонуклеиновые кислоты, строящиеся организмом, насчитывают огромное количество киральных мономеров, и все эти мономеры имеют одинаковую киральность. Биополимеры кирально чисты. Загрязнение макромолекулы чужим антиподом — контакт левых и правых мономеров в одной молекуле — приводит к «ан-

² В конце прошлого века Ф. Джепп писал: «Только асимметрия может породить асимметрию... Подобный результат могут производить только живые организмы или интеллект живых существ, владеющих понятием симметрии...» (Jap. p. F. R.—«Nature», 1898, v. 58, p. 452.) Поскольку при этом проблема происхождения сводится к проблеме курицы и яйца, источник асимметрии молекулярного мира организмов, согласно этой гипотезе, следует искать во внешнем акте творения — в первичном толчке «жизненной силы».

¹ Гарднер М. Этот левый, этот правый мир. М., 1967.

количество левого и правого света (например, поляризованного при отражении от поверхности озер), или левых и правых катализаторов типа кварца и эти физические агенты сообщили миру организмов при зарождении молекулярную асимметрию. Однако до сих пор еще не установлено преобладание на Земле одного из сортов таких внешних киральных агентов.

Практически сразу после открытия несохранения четности в слабых взаимодействиях была высказана гипотеза: не сотворил ли физический мир молекулярную киральность, оттолкнувшись от асимметрии ядерного уровня. Тогда, если асимметрия молекул есть следствие киральности слабых взаимодействий, то, вне зависимости от места и времени, подобные процессы должны сообщать молекулам только один тип киральности.

Хотя очень интересные эксперименты подобного рода сейчас интенсивно продолжают³, все же относительная роль влияния внешних асимметрических агентов не может быть большой. Получить измеримое обогащение системы одним из энантиомеров в лаборатории чрезвычайно трудно, но даже в тех редких случаях, когда это удается, обогащение мизерное — лишь доли процента. Даже длительное воздействие в процессе химической эволюции не спасает положения: внешние индукторы молекулярной асимметрии должны были каким-то образом действовать только на зарождение и развитие мира организмов, оставляя незатрогнутыми другие молекулярные процессы.

Гораздо большими возможностями для создания киральности, по-видимому, обладали внутренние механизмы тех химических реакций, которые создавали и развивали молекулярный мир организмов. Если на каком-либо этапе химической эволюции, предшествовавшем образованию протоорганизмов, равномерное распределение энантиомерных форм стало неустойчиво, то симметрия могла нарушиться при самых незначительных случайных воздействиях. Сейчас в этой области внимание сосредоточено на поиске сложных многостадийных процессов, в которых сильная кинетическая конкуренция между антиподами могла бы создать макроско-

пическую асимметрию. Многие теоретические модели и результаты экспериментов⁴ свидетельствуют, что это возможно. Однако природа такого нарушения симметрии, его связи с конкретными условиями химических превращений и структурой участвующих молекул в основном неизвестна.

Все же не приходится надеяться, что только такие абиотические причины смогут объяснить киральную поляризацию молекул в существующих сейчас организмах. Любые химические процессы, которые могли создать протоорганизм (так сказать, молекулярного Адама с «врожденной киральностью»), способны создать и его близнеца с зеркально-антиподной стереохимией и полностью тождественной биохимией. Поэтому причину окончательной стандартизации киральности нужно искать скорее в биологической зре, а не до нее.

Гипотеза биологического происхождения киральности предполагает, что само зарождение и развитие жизни погубило один тип киральности молекул. По-видимому, впервые мысль о роли борьбы за выживание в создании асимметрии молекул была высказана в беседе между американским химиком Г. Вальдом и А. Эйнштейном. «Как же объяснить выбор? Почему существуют организмы с L-аминокислотами, а с D не существуют, или с D-рибофуранозами, а не с L?»

«Вы знаете, — ответил Эйнштейн — я много думал над тем, как могло случиться, что электрон отрицательный. Симметричный, положительный — это симметрично в физике. Нет причин выбрать одно из них. И знаете, к какому выводу я пришел после долгих размышлений? Я думаю — они победили в борьбе...»⁵

Г. Вальд убедительно показал, что если только предположить, что киральная чистота биологических полимеров необходима организмам для нормального функционирования, то в результате борьбы за существование киральность мономеров, используемых в выживших организмах, будет стандартизована не только в каждом отдельном биополимере, но и в организме, и в популяции организмов — во всей биосфере⁶. «В конкурентном мире выживает лишь тот цех, в котором стандартизован тип используемых

³ Tieman W.— «J. of Molecular Evolution», 1974, v. 4, p. 67.

⁴ Hochstim A.— «Origins of Life», 1975, v. 6, p. 320; Calvin M. Chemical Evolution. N. Y., 1869.

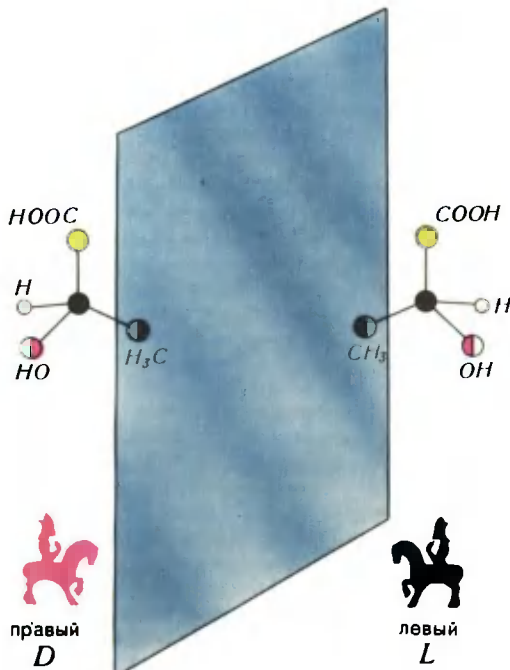
⁵ Wald G.— «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1957, v. 69, p. 35.

винтов, а организм живет в конкурентном мире»⁷.

Фундаментом такого объяснения тотальной стандартизации киральности мономеров в биосфере является предположение об особой ценности киральной чистоты биологических полимеров для функционирования организмов. Существование такой возможности продемонстрировали эксперименты по полипептидному синтезу, где было показано, что полимеры, построенные из хаотически распределенных левых и правых аминокислотных остатков, менее стабильны и плохо растут. Однако, по-видимому, это не может быть единственным преимуществом кирально чистых структур. В последние годы, например, удалось найти новый тип устойчивой спирали полипептидов, представляющей собой последовательность правильно чередующихся L- и D-аминокислотных остатков. Более того, такие конфигурации используются в некоторых простейших организмах, однако на более высоких ступенях развития природа пренебрегла этой возможностью. Таким образом, вопрос, зачем организмам нужна киральная чистота биологических молекул, остался открытым.

Легко видеть, что представления о биотическом и небитическом происхождении молекулярной киральности организмов взаимно дополняют друг друга. Объясняя особую упорядоченность, встречающуюся в существующих сейчас организмах, мы обычно говорим, что она усвоилась и воспроизводится организмами в результате запоминания случайного выбора,— этот тип упорядоченности открыл когда-то наборный замок в двери, ведущей к выживанию. Если при рассмотрении нарушения симметрии в химической эволюции мы стараемся понять, что помогло подобрать этот ключ, то вопрос о биологическом значении киральной чистоты биомолекул, по существу, сводится к вопросу, какой замок при этом открылся.

Таким образом, в проблемах, связанных с природой асимметрии молекулярного портрета живых систем, можно выделить два существенных вопроса: о природе, условиях, механизмах спонтанного нарушения зеркальной симметрии в химических превращениях (ключ) и о биологическом значении киральной чистоты полимеров (замок). Эти проблемы имеют самое непосредственное отношение не только к происхождению, но и к пониманию функционирования асимметричного



Киральность молекул. «...Я называю некоторую геометрическую фигуру или группу точек киральной, если ее изображение в плоском зеркале не может быть совмещено с ней непрерывным движением...» (J. Kelvin. Baltimore Lectures. L., 1903.)

Киральность аминокислот и сахаров возникает из-за наличия четырех разных заместителей у атома углерода, благодаря чему каждый такой фрагмент может существовать в двух несовместимых зеркально-антиподных (энантиомерных) формах. Определение левизны или правизны каждого фрагмента требует правила нумерации его частей. Внизу — фрагменты известного gobлена XVI в., которые в дальнейшем будут иллюстрировать отношения между правыми [D] и левыми [L] молекулами. Здесь и во всех последующих рисунках все химические элементы обозначены цветом: водород — белый, кислород — красный, углерод — черный, азот — голубой, любой радикал — желтый.

⁶ По мысли Г. Вальда, в противном случае, поскольку все биополимеры связаны в едином метаболическом цикле, трудности, возникающие при необходимости непрерывно сортировать в каждой реакции киральность мономеров, ухудшат шансы организма на выживание. Это же справедливо и для популяции, где организмы — зеркальные антиподы отравляют друг друга, взаимодействуя через длинные цепи продуктов питания.

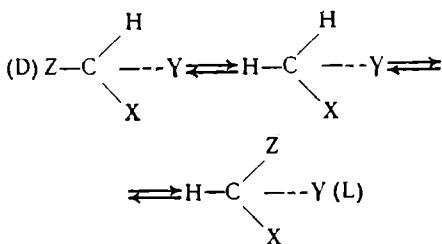
⁷ Pirie N. W.—Trans. Bosc Research Inst., 1959, v. 22, p. 11.

молекулярного аппарата организмов, существующих сейчас.

Сегодня, поставленные нами физические эксперименты, позволившие изучить взаимодействие киральных молекул, дают возможность ответить на поставленные вопросы.

СПОНТАННОЕ НАРУШЕНИЕ ЗЕРКАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ В ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ

Кажется почти очевидным, что химические превращения в симметричных условиях ни к чему, кроме симметричного распределения энантиомеров, привести не могут. Например, в реакции «рождения антиподной пары», которую обычно связывают с самой ранней стадией химической эволюции, из некиральных молекул $\text{CH}_2\text{X Y}$ благодаря реакции замещения одного из атомов H на группу Z может возникнуть один из антиподов — CHXYZ(L) или CHXYZ(O) :



В каждом изолированном акте такого обратимого замещения вероятность замены любого из атомов H одинакова, поэтому естественно ожидать появления рацемической смеси L- и D-молекул (отношение L- и D-молекул 1:1). Аналогичные аргументы приводят к представлению, что процессы, в которых энантиомеры могут рождаться из симметричной среды или превращаться друг в друга, лишь способствуют уничтожению киральности во времени. Поэтому часто говорят о всеобщем термодинамическом императиве — тенденции любых процессов приводить к рацемизации системы антиподов, к потере ею исходной асимметрии⁸. Поэтому редкие эксперименты, в которых наблюдается появление кирально чистых продуктов, кажутся почти магическими.

Изучая в эксперименте взаимодейст-

вия киральных молекул, мы пришли к выводу, что подобные рассуждения справедливы только тогда, когда эти взаимодействия не учитываются⁹. Как известно, представления о флуктуациях и взаимодействиях частиц в системе избавили физиков от недоумения по поводу природы разнообразных проявлений асимметрии — возникла идея о возможности самопроизвольного, спонтанного нарушения симметрии.

Из-за флуктуаций и взаимодействий устойчивым может оказаться не симметричное, а асимметричное состояние, и к такому состоянию система придет спонтанно. Так, в ферромагнетике устойчивыми состояниями, с минимумом свободной энергии, являются такие, в которых доминируют спины одной из возможных ориентаций и в энергетически выгодном процессе — выстраивании параллельных спинов — принимают участие макроскопические области образца — домены. Это и обуславливает нарушение исходной симметрии в отсутствие внешнего поля: возникает спонтанная намагниченность.

В симметричных условиях в отсутствие внешнего поля состояния, отличающиеся лишь знаком спонтанной поляризации, эквивалентны, и выбор одного из них — результат случайности. Однако, раз выбрав одно из асимметричных состояний, система не может изменить своего решения, для этого необходимо преодолеть потенциальный барьер.

Разнообразны проявления спонтанного нарушения симметрии, открывающиеся нам в различных областях физики: в квантовой механике твердых тел, в сверхпроводниках и в сверхтекучих системах. Так, в квантовой теории около симметричного состояния — вакуума — возможны флуктуации типа рождения короткоживущих пар частиц со «свойством» и «антисвойством».

Такие флуктуации могут взаимодействовать, и это способно привести к спонтанному нарушению симметрии вакуума, что может быть объяснением нарушений симметрий в мире элементарных частиц¹⁰ (в частности, нарушения симметрии правого и левого во взаимодействиях этих частиц). Своеобразное нарушение

⁹ Морозов Л. Л., Федин Е. И. — IX AMPERE Congr. Abstr. Heidelberg, 1976.

¹⁰ Кобзарев И. Ю. — «Природа», 1975. № 11. Спонтанное нарушение симметрии и его космологические следствия.

⁸ Bonner W. In: Exobiology. Amst. 1972; Stryer L. Biology and Exploration of Mars. Wash., 1966.

симметрии во взаимодействиях адронов может вызвать появление нового типа ядер, плотность которых в несколько десятков раз превосходит плотность ядер обычного типа. Поиски ядер такого рода сейчас ведутся¹¹.

Киральные молекулы — наиболее точный аналог частиц со «свойством» и «антисвойством» в молекулярном мире — они отличаются знаком киральности. Чтобы их рацемическая смесь представляла собой состояние неустойчивого равновесия и химические превращения разрушали исходную симметрию, необходимо, чтобы энергия контактов тождественных (L+L, D+D) и антиподных (L+D) частиц была различна, т. е. чтобы раствор был бы термодинамически неидеальным. Долгое время казалось, что это не так: трудно представить себе более идеальный раствор, чем раствор молекул — зеркальных отражений. Однако в последние годы с помощью точных физических методов (в основном, спектроскопии ядерного магнитного резонанса)¹² удалось зафиксировать существенные отклонения термодинамического поведения растворов антиподов от идеального.

Возникновение неустойчивости состояния с равным количеством энантиомеров иллюстрирует зависимость свободной энергии от энантиомерного состава. Когда температура выше критической, минимум свободной энергии отвечает симметричному распределению энантиомеров. При переходе через критическую температуру ($T < T_c$) напротив, симметричному составу раствора соответствует максимум свободной энергии, а ее минимумы приходится на растворы, в которых преобладает левый или правый антипод. Те процессы, которые в докритических условиях сохраняли исходную симметрию, при переходе в закритическую область могут ее разрушать. Рождение зеркально-антиподной пары может приводить к образованию макроскопических количеств продукта высокой киральной чистоты; любые взаимные превращения энантиомеров или их диффузия, обычно размывающие исходный порядок, в этих условиях могут,

напротив, приводить к образованию микроскопических доменных областей, состоящих в основном из одного сорта киральных молекул. В таких условиях возникновение макроскопических агрегатов киральных молекул даже в рацемическом растворе может сопровождаться стандартизацией знака киральности¹³. Переход от сохранения к разрушению симметрии в химических превращениях, таким образом, обусловлен переходом типа порядок-беспорядок (аналогичным переходу от пара- к ферромагнетизму), но в достаточно своеобразном множестве — множестве исходов синтеза агрегатов киральных молекул.

Спонтанное нарушение симметрии при возникновении новой фазы в рацемическом растворе известно еще со времен Пастера. Так, при кристаллизации насыщенного раствора антиподов обычно возникает либо твердый раствор, повторяющий антиподный состав жидкости, либо рацемический симметричный кристалл, т. е. кристалл, в решетке которого правильно чередуются левые и правые мономеры. Однако для некоторых молекул результат кристаллизации существенно зависит от температуры — при температурах выше некоторой критической образуются рацемические кристаллы, а при низких температурах — кирально чистые. Такое поведение системы объясняется просто: в области низких температур киральная чистота выпадающих кристаллов обусловлена стремлением прилегающего раствора стабилизировать асимметричный состав. Можно подтолкнуть процесс в нужном направлении, используя микроскопическую затравку, например L-энантиомера.

Во многих случаях картина еще более удивительна — выделение одного из антиподов в кристалл может произойти и без действий с нашей стороны — от «стояния». В этом случае по прошествии времени мы найдем в сосуде либо симмет-

¹³ Какое из двух антиподных состояний будет выбрано — разумеется, результат случайности (знака первичной флуктуации). Возможно, впрочем, что в этой схеме есть место и для слабых внешних физических индукторов киральности, обсуждавшихся выше. В условиях спонтанного нарушения симметрии помочь выбрать между правым и левым могут слабые асимметрические воздействия типа циркулярно поляризованного света, сами по себе не способные выделить макроскопические количества асимметрических продуктов.

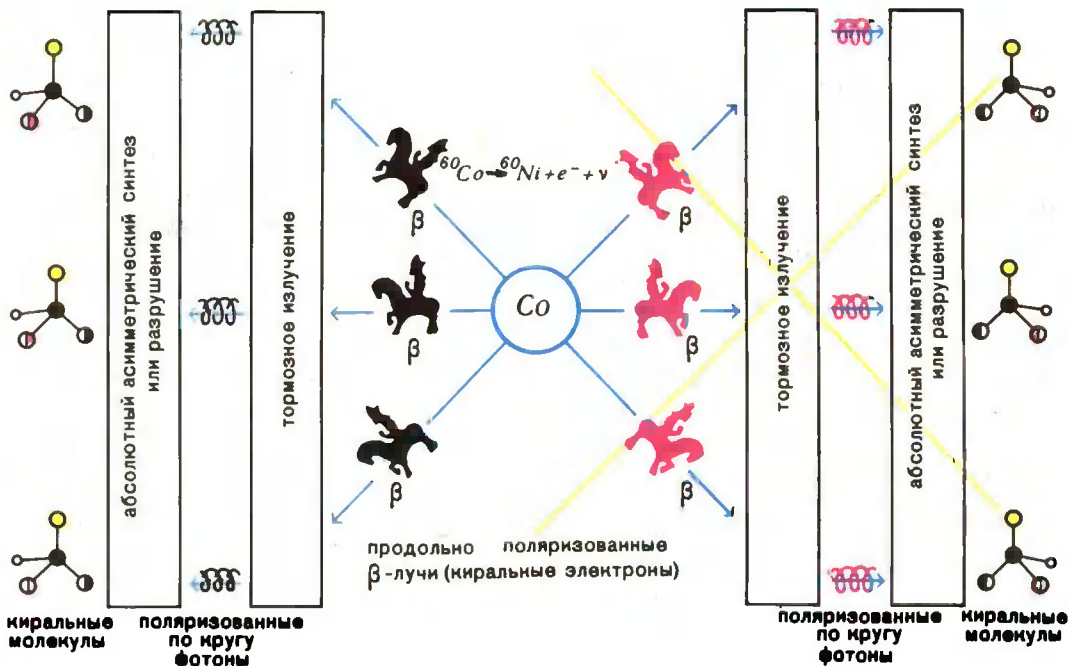
¹¹ Галицкий В. М. — «Природа», 1976, № 1. Сверхплотные состояния ядер.

¹² M o r o z o v L. L., F e d i n E. I. — 2 Spec. AMPERE Coll. Abstr. Budap., 1975; M o r o z o v Л. Л., F e d i n Э. И. — Тез. V Всесоюзной конференции по ядерному магнитному резонансу. Красноярск, 1975.

ричный раствор в равновесии со смесью кирально чистых кристаллов энантиомеров, либо асимметричный раствор, обогащенный одним из антиподов в равновесии с кристаллами другого антипода. Здесь, правда, нарушение симметрии происходит только в отдельных частях системы — во всей системе содержание L- и D-молекул одинаково. Однако если условия спонтанного нарушения симметрии существуют, можно добиться и асимметрии системы в целом. Для этого в раствор необходимо ввести катализатор взаимного

твор в равновесии с кирально чистыми кристаллами одного из антиподов¹⁴.

Таким образом, распределение L- и D-частиц в новой фазе может быть строго регулярным. Этот порядок будет симметричным, когда возникает рацемический кристалл (своеобразный аналог антиферромагнетика), или асимметричным — при образовании кирально чистых кристаллов (аналог ферромагнетика). В последнем случае нарушается симметрия либо в отдельных областях системы, либо в целой системе.



Гипотеза происхождения молекулярной асимметрии из-за несохранения четности в слабых взаимодействиях. Из-за несохранения четности излучаемые электроны киральны [продольно поляризованы]. Взаимодействуя с веществом, электроны вызывают тормозное излучение, содержащее киральные [поляризованные по кругу] фотоны. Облучение молекулярной системы такими фотонами приводит к возникновению неравных количеств зеркально-антиподных молекул. (Т. Л. Ulbricht.—«Quart. Rev.», 1959, v. 13, p. 48.)

превращения антиподов, который в докритической области мог привести только к исчезновению исходной киральности. В сосуде, где присутствуют рацемический раствор антиподов и катализатор их взаимного превращения, через некоторое время мы обнаружим симметричный рас-

Теория переходов порядок-беспорядок позволяет не только понять основные феноменологические черты процессов, но и количественно проанализировать условия спонтанного нарушения симметрии. Во-первых, для перехода к спонтанному нарушению необходима, как и в случае ферромагнетизма, положительная энергия «взаимообмена» частиц (т. е. энергетическая предпочтительность вза-

¹⁴ В последнем случае сопровождающая рост кирально чистого кристалла реакция взаимного превращения антиподов стремится стабилизировать рацемический состав раствора и содержания L- и D-молекул в системе раствор — кристалл неодинаковы.

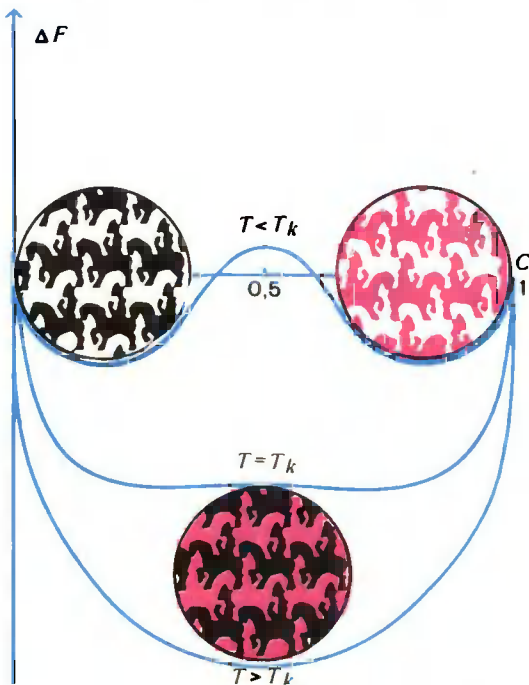
имодействия тождественных, а не антиподных молекул). Как показывают теоретические расчеты и экспериментальные исследования, найти в мире антиподов пары, удовлетворяющие такому условию, очень трудно. Величина обменной энергии должна быть достаточна, чтобы критическая температура фазового перехода, ведущего к спонтанному нарушению симметрии, была выше температуры процесса. Условия, при которых создается продукт, не должны быть «горячими».

С другой стороны, они не должны быть очень «холодными». Ведь чтобы стандартизировать киральность молекул в агрегате, спонтанное нарушение симметрии должно быть достаточно быстрым по сравнению со временем его строительства, так как состояния с разным количеством частиц одного знака — это разные объекты со своими особенностями и историей. Таким образом, помимо верхней критической температуры спонтанного нарушения возникает и нижняя граница, которая, впрочем, может быть очень близка к верхней, а иногда и выше ее.

Молекулярные системы, строительство которых может быть сопряжено со спонтанным нарушением симметрии, таким образом, должны быть достаточно редкими. Действительно, из огромного числа известных антиподных пар лишь для небольшого числа (порядка сотни) известны процессы, аналогичные спонтанной кристаллизации. Тем значительней представляется факт, что указанные выше условия в совокупности выполняются для аминокислот в нормальных условиях (комнатная температура, водный раствор и т. п.). Именно для этого класса молекул тенденция к спонтанному возникновению киральной чистоты возможна в тех условиях, которые сопровождали химическую эволюцию и в которых находится сейчас молекулярный аппарат организмов.

В последние годы обнаружена и достаточно подробно изучена связь селекции аминокислот — зеркальных антиподов с формированием пространственной структуры их полимеров. Как известно, и синтетические полипептиды, и белки могут существовать в двух формах, отличающихся пространственной структурой. В первой из них — хаотической глобуле — взаимодействие мономеров осуществляется только между ближайшими в линейной последовательности соседями, они связаны прочными ковалентными связями, а боковые взаимодействия дезорганизованы. Во второй форме, к которой принад-

лежат разнообразные спиральные структуры (например, α -спираль), помимо взаимодействия непосредственных соседей, за счет слабых связей взаимодействуют и удаленные в линейной последовательности фрагменты — образуется устойчивая трехмерная пространственная конфигурация. В 50-е годы было показано, что эти типы структур обладают разными возможностями для селекции киральности используемых мономеров: при синтезе хаотической глобулы распределения левых и правых аминокислот в полимере ха-

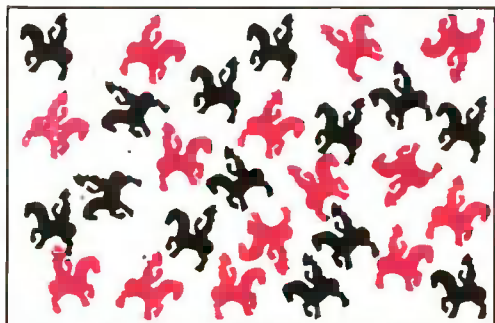


Механизм спонтанного нарушения симметрии в растворах зеркальных антиподов. По оси абсцисс отложено относительное содержание одного из антиподов C , по оси ординат — свободная энергия раствора ΔF . Кирально-поляризованные устойчивые состояния при $T < T_k$ не являются кирально чистыми, однако при обменной энергии порядка слабых водородных связей уже при комнатной температуре величина загрязнения устойчивого состояния чужим антиподом незначительна.

отично; при синтезе полимеров с пространственной структурой типа α -спирали осуществляется упорядоченность в расстановке L- и D-аминокислот.

Это становится понятным в свете механизма перехода порядок-беспорядок в распределении киральности частиц. Хо-

рошо известно, что в линейной системе, в которой взаимодействуют лишь ближайшие соседи, переход порядок-беспорядок и спонтанное нарушение симметрии при ненулевых температурах невозможны. В соответствии с этим строительство хаотической глобулы полимера не сопряжено с отбором киральности аминокислот. При образовании вторичных связей и структур типа спирали увеличивается эффективное число взаимодействующих мономеров, появляются условия для отбора их киральности и рост полимеров из ра-

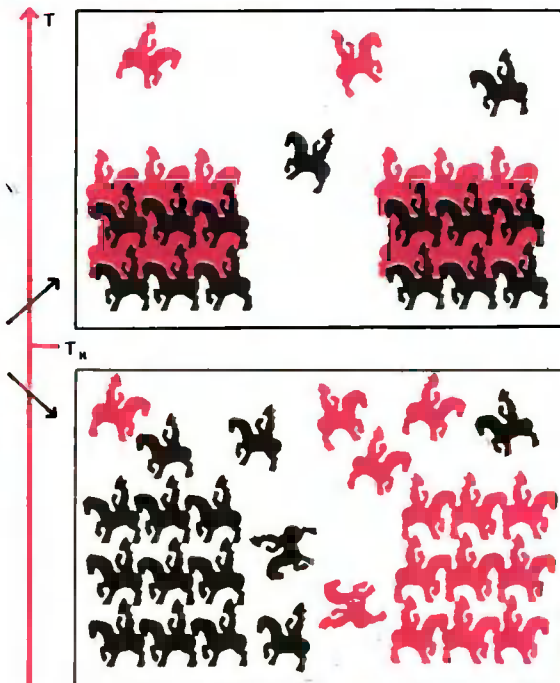


Переход от совместной к раздельной кристаллизации зеркальных антиподов из насыщенного рацемического раствора при понижении температуры.

цемического раствора сопровождается нарушением симметрии. При определенных условиях синтеза полимерная цепь может возникнуть в виде последовательности α -спиральных участков с противоположным направлением закрутки; при этом каждый из участков содержит в основном лишь один из антиподов. В других условиях (иные температуры, растворитель) образуется кирально чистая цепь L- или D-мономеров. В обоих случаях на-

рушается симметрия; в первом случае она затрагивает отдельные участки полимера — образуются «антифазные домены», а во втором — всю спираль.

Недавно обнаружен новый тип устойчивых спиралей — так называемые π -спирали. Как и строительство α -спиральных структур, создание π -спиралей сопровождается упорядочиванием L- и D-мономеров. Однако если упорядоченность α -спирали носит характер нарушения симметрии, то создание π -спирали симметрию сохраняет. В такой структуре



левые и правые аминокислотные остатки строго чередуются в линейной последовательности. π -спирали устойчивы даже используются в некоторых простейших организмах для транспорта ионов¹⁵.

Все описанные выше типы трехмерных структур полилептидов могут возникнуть при разных условиях путем полимеризации одной и той же рацемической смеси зеркально-антиподных аминокислот. Здесь мы находим, таким образом, аналоги парамагнетизма (хаотическая глобула) ферромагнетика с антифазными доменами и однодоменного ферромагнетика

¹⁵ Spach G.—«Chimia», 1974, v. 28, № 9.

(α -спирали) и антиферромагнетика (π -спирали).

Очень интересна точная формальная аналогия этих типов упорядоченности с типами пространственного расположения спинов в редкоземельных магнитных элементах. Экспериментально установлено, что в таких магнетиках, например, при изменении температуры существует несколько точек фазовых переходов, между которыми реализуются разнообразные спиновые конфигурации: парамагнитный хаос — ферромагнитная спираль, антифазные домены — антиферромагнитная спираль. (Спиральные структуры здесь возникают благодаря регулярному повороту спинов при перемещении вдоль некоторой кристаллографической оси.) Как ни удивительна такая аналогия между столь далекими системами, она имеет достаточно оснований: локальные взаимодействия спинов редкоземельных элементов формально аналогичны взаимодействиям киральных молекулярных фрагментов, а природа кооперативных эффектов, формирующих ближний и дальний порядок в распределении частиц, одинакова. Разница лишь в том, что киральность молекулярных фрагментов не может, разумеется, подобно спину, менять знак и спиновые конфигурации являются разными состояниями одного образца, а разные конфигурации киральных единиц — это разные молекулы. Фазовый переход здесь происходит во множестве исходов синтеза.

Сказанное выше дает возможность применить для теории селекции киральности мономеров в их агрегатах методы термодинамики и кинетики. На этой основе можно не только анализировать условия подобных экспериментов, но и управлять ими в лаборатории.

Что же касается проблемы происхождения киральности, то сейчас нельзя сказать определенно, какие именно процессы и на каких стадиях эволюции могли реализовать тенденцию к спонтанному нарушению симметрии. Что поделаешь — непосредственных свидетелей рассматриваемых нами явлений не сохранилось, «свидетельские показания» не отчетливы, а то, что было десятки миллионов лет назад, по мнению биологов, сейчас уже не повторится. Но можно считать установленным, что те превращения, которые мы обычно связываем со строительством молекулярного мира организмов из молекул, которые мы находим, в них сейчас, при достаточно реальных условиях могли

нести в себе тенденцию к спонтанному нарушению симметрии. Есть веские основания полагать, что создание молекулярных агрегатов на тех стадиях химической эволюции, которые предшествовали созданию протоорганизмов, могли сопровождаться возникновением их асимметрии, а первый надмолекулярный объект, который приобрел «биологические» свойства (главным образом, возможность реплицироваться), — «молекулярный Адам» мог иметь «врожденную» молекулярную киральность.

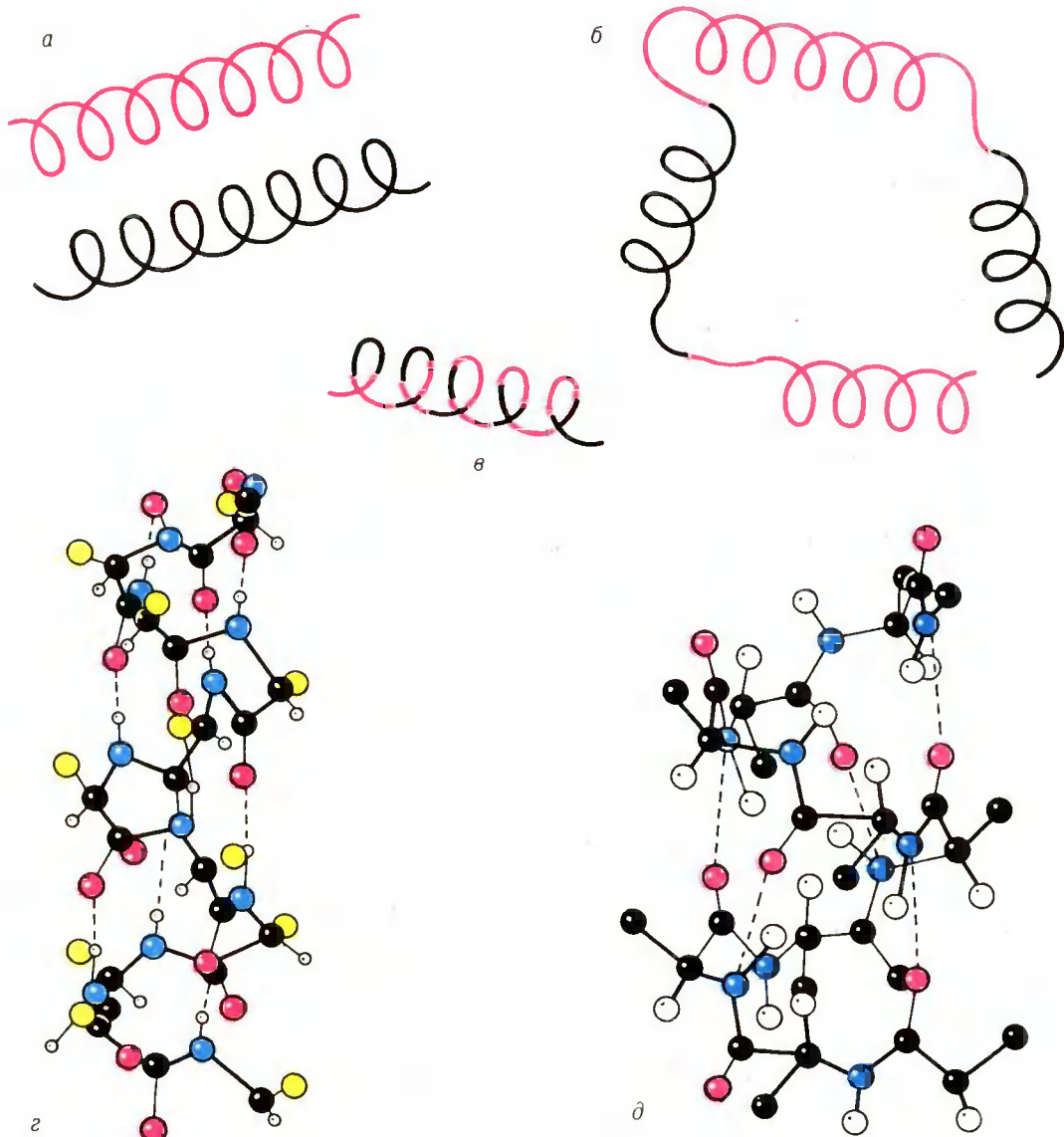
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КИРАЛЬНОЙ ЧИСТОТЫ

Совершенно однозначное воспроизведение киральной чистоты биологически важных молекул (белков и рибонуклеиновых кислот) в существующих сейчас организмах, разумеется, не может быть объяснено только случайными чертами химической эволюции, предшествовавшей их возникновению. Чтобы понять, почему асимметрия биомолекул, даже если она и могла спонтанно возникнуть, так запомнилась в биологической эволюции, а главное, чтобы понять важные черты воспроизведения организмов на молекулярном уровне, необходимо объяснить, какой потребности организмов удовлетворяет киральная чистота их молекул.

Когда говорят о биологической упорядоченности структур, нигде, кроме организмов не встречающихся, обычно подразумевают, что организм есть определенная уникальная расстановка клеток, клетка, в свою очередь, — биополимеров, а каждый биополимер (например, белок или ДНК) — уникальная последовательность аминокислотных или нуклеотидных фрагментов. Встречающаяся в организме структура появляется там в результате выбора ее из множества других, от которых она отличается лишь тем, что «биологически осмысленна». Ее выбор из множества других — «превращение непредсказуемого в неизбежное» — есть акт создания информации, количество которой, как известно, определяется количеством альтернативных структур, из которых выбирается используемая¹⁶.

Так, по самым грубым оценкам, строительство организма из $\sim 10^{13}$ клеток, создание их уникальной расстановки,

¹⁶ Блюменфельд Л. А. Проблемы биологической физики. М., 1974.



Типы упорядоченных хиральных последовательностей полипептидов и их пространственное строение. а — хирально чистые спиральные цепи: правая спираль поли-L-пептида, левая спираль поли-D-пептида; б — полипептид с доменами — спиральными участками противоположной хиральности; в — спираль с регулярно чередующимися D и L пептидными фрагментами; г — пространственное строение хирально чистых спиральных фрагментов структур а и б; д — пространственное строение π -спиралей типа в.

требует информации, $I = \log_2(10^{13!})$
 $\sim 4 \cdot 10^{13}$ бит. Уникальность расположения $\sim 10^8$ биополимеров в клетке связана с информацией $I = \log_2(10^8!)$
 $\sim 2,6 \cdot 10^9$ бит, что в пересчете на организм составляет $\sim 2,6 \cdot 10^{22}$ бит. Наибольшее количество информации определяется уникальностью биополимерных последовательностей — их кодированием. Для белковой системы организма $\sim 1,3 \cdot 10^{26}$ бит и для ДНК $\sim 6 \cdot 10^{23}$ бит (создание уникальных последовательностей $\sim 3 \cdot 10^{25}$ аминокислотных и $\sim 3 \cdot 10^{23}$ нуклеотид-

ных остатков). Таким образом, коллектив микроскопических носителей информации — самое емкое ее хранилище в организме.

Но на самом деле, строя свои биомолекулы, организм производит еще более сложный выбор. Ведь каждая деталь конструкции биополимеров находится в питательной среде в правой и левой формах, и каждая последовательность мономеров может возникнуть в виде множества молекул, которые будут отличаться друг от друга как относительным содержанием L- и D-мономеров, так и их расстановкой — своеобразным двоичным (право-левым) киральным кодом.

При строительстве белков и ДНК в организме, помимо отбора мономерной последовательности, осуществляется и киральное кодирование — выбор киральной чистой формы. Количество создаваемой при этом информации для белковой системы организма примерно равно $3 \cdot 10^{25}$ бит и для молекул ДНК $\sim 3 \cdot 10^{23}$ бит. Поскольку относительные количества информации позволяют сравнить масштаб выбора, который производит организм, строя уникальную структуру, т. е. селекция кирального кода биомолекул сравнима с селекцией, производимой при создании генетического кода.

В чем же биологический смысл этого дополнительного кодирования? Дело в том, что информация биологически осмысленна только тогда, когда она прямо или косвенно влияет на самовоспроизведение организма. Если мы опустим одну из нитей ДНК в раствор, содержащий разнообразие нуклеотиды, то на ней соберется вторая нить, последовательность мономеров в которой однозначно определяется кодом опущенной нити. Информация, содержащаяся в ферменте в виде определенного кода — последовательности мономеров, записана там «затем», чтобы он смог, регулируя сборку биомолекулы-потомка, сообщить ей определенную упорядоченность, т. е. правильно расставить в ней мономерные едини-

цы¹⁷. Ферменты с таким кодом, при котором они не способны сделать эту операцию, давно отброшены эволюцией. Здесь уместно вспомнить слова Гете:

Наследовать достоин только тот,
Кто может к жизни приложить
наследство:
Но жалок тот, кто копит мертвый
хлам.
Что миг рождает, то на пользу
нам¹⁸.

Киральность используемых в биомолекулах мономеров усложняет задачу ферментов-белков и ДНК: они должны не только проследить за расстановкой разных мономеров в скелете молекулы, но и отобрать их киральность. Действительно, знак киральности трехмерной структуры фрагментов, из которых построены биомолекулы, в значительной степени определяет ее пространственное строение, а следовательно, и стабильность, и биохимические качества. Молекула даже с правильной расстановкой разных мономеров, но неправильной их киральностью, не годна к выполнению своих функций. Отнюдь не любой фермент способен справиться с такой задачей — сообщить биомолекуле при синтезе определенный киральный код. Оказывается, в этом и состоит потребность организмов в киральной чистоте биополимеров: сообщить молекуле определенный киральный код, регулируя ее синтез, может лишь кирально чистый фермент¹⁹.

Продемонстрировать это можно на простейшем примере, рассмотрев способность к киральному кодированию двух ферментов-регуляторов — кирально чистого, например L, L..., L... L-полимера, и такого, в котором по крайней мере одно звено имеет чужую киральность (D-мономер). Во втором случае будет изменен киральный код хотя бы одной пары соседних мономеров: вместо звена LL в нем появится звено LD. Для создания только одной нужной молекулы фермент должен распознать все возможные ее модификации и по-разному перестроиться при взаимодействии с ними (при этом только одна перестройка катализирует синтез, остальные подавляют его). Даже если собирается двухзвенная цепочка из одинаковых мономеров, отобрать ее киральный код может лишь кирально чис-

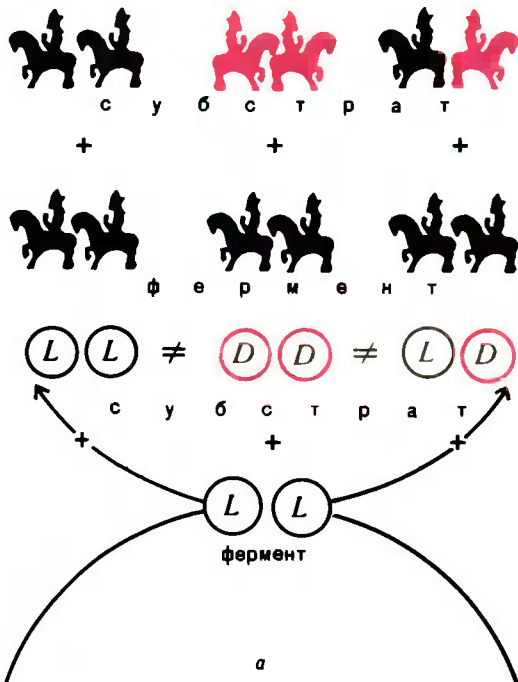
¹⁷ Механизм распознавания продукции и контроля за ее качеством заключается в том, что любая подпоследовательность собираемой молекулы, ассоциируясь с ферментом, вызывает его возбуждение — перестройку его трехмерной структуры. В процессе релаксации к новому состоянию равновесия и происходит соответствующее регулирующее действие — присоединение «правильных» и отрыв «неправильных» деталей.

¹⁸ Гете. Фауст. М., 1969.

¹⁹ Морозов Л. Л., Федин Э. И. — «Биофизика», 1976, т. 21, № 2.

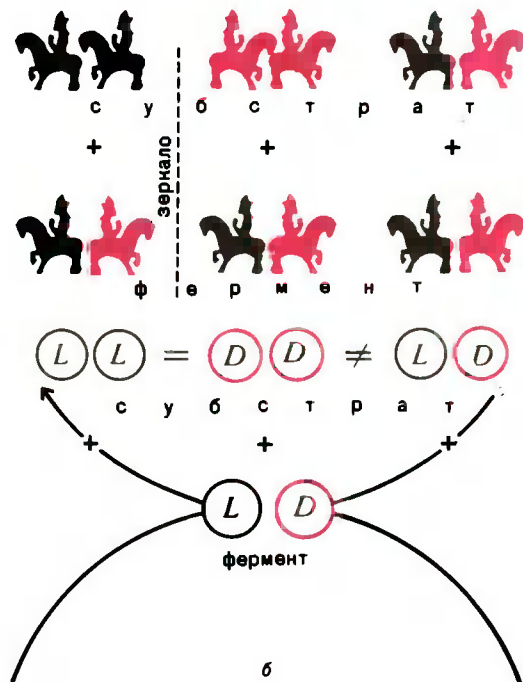
тый фермент. Нечистый фермент с равной вероятностью встроит в конечную биомолекулу звено с ошибочным киральным кодом.

Сложная картина регулирующего действия при реакциях синтеза биомолекул включает в себя разнообразные перестройки фермента и его работающих частей. Даже один дефект киральной чистоты регулятора может привести к множеству звеньев ошибочного кирального кода в синтезируемой молекуле. В противопо-



Различие в киральном кодировании димерного участка биомолекулы, если синтез регулируется кирально чистым или загрязненным ферментом. Возможны три типа кирального кода димера: LL, DD и DL-LD. а — синтез регулирует кирально чистый фермент LL. Теоретически взаимодействия всех трех типов димеров с ферментом различны. Фермент может отличить правильный димер LL от неправильных [DD и LD] отбросить неправильные формы; б — синтез регулирует кирально нечистый фермент LD. Такой фермент даже теоретически не может отличить LL- и DD-димеры. Разные перестройки не происходят и вместо правильного LL-димера возможен синтез неправильной DD формы.

ложность этому все состояния кирально чистого регулятора при любых перестройках кирально чисты — такой регулятор способен распознать все типы кирального кода и однозначно построить определенную молекулу. Кирально нечистый фермент вместо этого произведет множество потомков — стереоизомеров с разной трехмерной структурой и разной биологической активностью. Использование таких ферментов ведет (на достаточно небольшом количестве актов воспроизведе-



ния) к полному хаосу в строении молекул-потомков и потере исходного молекулярного порядка.

Таким образом, чтобы организмы могли сохранить упорядоченность молекулярной информации в тех процессах, в которых они поддерживают свое существование и воспроизводятся, их ферментная система должна быть кирально чиста. Несколько перефразируя мысль Гете о том, что бытие вечно, ибо существуют законы, его охраняющие, можно сказать, что органическая жизнь возможна лишь до тех пор, пока существуют законы, которые ее охраняют. И киральная чистота биомолекул представляет собой один из

таких законов, лежащих в основе охраны биологической информации.

Наблюдения показывают, что даже кирально чистая молекула может по-разному перестраиваться лишь в достаточно узком интервале внешних условий — надежность кирального кодирования требует поддержания условий синтеза в жестких рамках, иначе фермент может ошибиться в киральном коде.

Сейчас известно, что ошибочная киральность используемых молекул связана с существенными нарушениями в функционировании организмов.

В 30-е годы существовала гипотеза, что элементы чужой киральности должны содержать злокачественная опухоль, однако, по-видимому, невысокий экспериментальный уровень контроля киральной чистоты не позволил доказать это экспериментально. (Сейчас ясно, что ошибки в киральном кодировании могут вызываться чрезвычайно малыми количествами киральных загрязнений, пока «зараженный» фермент не потеряет способность вообще что-то катализировать.) Эксперименты, связывающие нарушения в функционировании с ошибками в киральном коде молекул, должны быть еще тщательно продуманы.

Итак, источником, разбившим зеркало в молекулярном мире организмов, оказались сами организмы — их потребность в биологически важных полимерах с ажурной трехмерной структурой, которая не может быть построена без селекции киральности, их потребность в точном самовоспроизведении.

Но хотя в статье речь шла лишь о происхождении молекулярной киральности, не столько в ней заключен главный интерес рассмотренных выше проблем. Химическая физика и «молекулярная кибернетика» киральных молекул интересны главным образом потому, что они в значительной мере формируют молекулярный портрет живущих сейчас организмов — та совокупность химических превращений, в которых организм зарождается, развивается и воспроизводит себя — полностью стереоспецифична. Рассмотренные выше проблемы имеют непосредственное отношение к этим свойствам. Спонтанное нарушение симметрии — лишь одно из проявлений кооперативных эффектов в статистической термодинамике киральных молекулярных систем. Критические явления в них необходимо учитывать при анализе сложных процессов, сопровождающих метаболизм. Киральное

кодирование — необходимый элемент синтеза биомолекул, а распознавание кирального кода — необходимый элемент ферментативного катализа в живых системах. Киральная чистота биомолекул лежит в основе охраны главного свойства организмов — способности сохранять и, точно передавать молекулярную информацию при самовоспроизведении.

Оказалось, что представления о киральных молекулярных системах как о системах многих частиц с дополнительным «квантовым числом» — киральностью, приводят к аналогиям, позволяющим привлечь для анализа многих процессов и явлений четкие и простые модели, разработанные для многих областей современной физики. Хотя при этом картина молекулярного мира сильно огрубляется, все же появляется возможность многое понять и количественно оценить. По-видимому, дальнейшие успехи в этой области должны быть связаны с совместной работой специалистов разных областей науки.

УДК 577.3

Аэрозоль в атмосферах Юпитера и Сатурна

В. Г. Тейфель



Виктор Германович Тейфель, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией физики Луны и планет Астрофизического института АН КазССР, председатель проблемной рабочей группы по изучению планет-гигантов Астрономического совета АН СССР. Занимается спектральными и фотометрическими исследованиями атмосфер планет-гигантов. Монография: Атмосфера планеты Юпитер. М., 1969. Автор статей в «Природе» (1961, № 6; 1964, № 11).

Физические условия в атмосферах планет в значительной степени зависят от присутствия аэрозольных частиц. Не составляют исключения и две крупнейших планеты Солнечной системы — Юпитер и Сатурн, окутанные облачным (т. е. аэрозольным) покровом.

Есть много причин, по которым исследование аэрозольного компонента атмосфер этих планет представляет одну из основных задач при изучении их физической природы и строения. Так, например, видимое перемещение отдельных деталей облачного покрова служит пока единственным индикатором движения атмосферных масс, т. е. единственным источником информации о циркуляции планетных атмосфер. С другой стороны, аэрозоль весьма существенным образом проявляет себя в общем тепловом балансе атмосфер Юпитера и Сатурна: облачные покровы этих планет отражают и рассеивают обратно в космическое пространство почти половину поступающей на планету лучистой энергии Солнца, оставшаяся же часть поглощается, причем тоже в основном атмосферным аэрозолем и в конечном счете идет на нагрев планетной атмосферы.

Фундаментальная характеристика атмосферы — ее химический состав, от которого зависят многие, если не все, ее

свойства, а также строение. Но в количественных данных о содержании различных газов в атмосферах Юпитера и Сатурна до сих пор существует большая неопределенность, в чем также, по крайней мере отчасти, повинен аэрозоль. Аэрозольная дымка и облака экранируют нижележащие слои газа и в то же время рассеивают падающее солнечное излучение. Испытывая многократное рассеяние, кванты излучения проходят сложный и длинный путь в облаке, прежде чем смогут выйти из него. На протяжении этого пути многие кванты поглощаются газовыми молекулами, и наблюдаемая в спектре планеты интенсивность молекулярной полосы поглощения уже не столько характеризует истинное содержание газа, сколько тот больший или меньший эффективный путь, который смогли пройти

Цветное изображение Юпитера, полученное по переданным с борта космического аппарата «Пионер-10» снимкам планеты в синих и красных лучах.

Цветной снимок Сатурна [Каталинская обсерватория Арizonского университета].



«оставшиеся в живых» кванты. Поэтому, если мы все же хотим количественно оценить химический состав атмосферы, необходимо прежде всего установить, каковы плотность и протяженность облаков и оптические (рассеивающие и поглощающие) свойства образующего их аэрозоля.

Даже на Земле изучение аэрозольного компонента атмосферы не относится к числу простых задач. Еще сложнее обстоит дело с исследованием аэрозоля в атмосферах далеких планет. Фактически, единственная величина, непосредственно получаемая при наблюдениях небесных тел,— это поток, или интенсивность, приходящего к нам излучения. Вся информация об исследуемом объекте содержится в таком потоке собственного или отраженного (и при этом как-то преобразованного) излучения. Какую часть информации мы сможем выделить, т. е. перевести в доступную нашему пониманию форму, зависит, естественно, прежде всего от характера и степени детальности наших наблюдений.

Но даже если наблюдения выполнены идеально с точки зрения технических и научных требований, это еще не значит, что нужная окончательная информация находится у нас в руках. Теперь по наблюдаемым оптическим характеристикам объекта мы должны найти значения параметров, описывающих его структуру и физические особенности. Как правило, решить такую задачу (ее называют обратной) непосредственно, путем подстановки наблюдаемых значений интенсивности излучения в некоторую систему уравнений, где неизвестными служат искомые параметры атмосферы или облаков, или очень трудно, или совсем невозможно. Дело в том, что взаимосвязь между параметрами рассеивающе-поглощающей среды со сложной структурой (а именно такой средой является атмосфера) и ее видимыми оптическими свойствами далеко не однозначна и не может быть описана достаточно простыми математическими выражениями. Наблюдаемые оптические особенности отражают конечный результат процесса переноса излучения. Способа же, который позволял бы непосредственно из наблюдений установить все факторы, определяющие этот процесс, пока не существует.

Поэтому при интерпретации оптических наблюдений планет обычно пользуются другим способом — сравнением измеренных величин с результатами решения так называемой прямой задачи. В дан-

ном случае прямая задача — это теоретический расчет интенсивности излучения, выходящего из планетной атмосферы, выполняемый для некоторого набора более или менее сложных моделей строения атмосферы или облачного слоя. Понятно, что наши конечные выводы в значительной мере должны зависеть от того, какова степень адекватности избранной исходной модели и ее параметров реальной структуре планетной атмосферы. Аналитические и некоторые численные методы решения прямой задачи неизбежно связаны с необходимостью вводить упрощения в исходную модель, например считать облачный слой однородным в вертикальном направлении. Наиболее перспективный метод математического моделирования переноса излучения в неоднородных средах — метод статистических испытаний, известный под названием «метода Монте-Карло». Его возможности почти неограниченны, но затраты машинного времени при его реализации еще очень велики, поэтому широкое использование этого метода в планетных исследованиях станет возможным, по-видимому, только после создания более быстродействующих ЭВМ, чем даже лучшие из существующих.

Несмотря на перечисленные трудности, развитие исследований планетных атмосфер идет сейчас такими темпами, которых не было никогда за всю историю изучения планет. Все большую роль в этом играет космическая техника, но и методы наземных наблюдений совершенствуются и расширяются. Сейчас уже не кажутся экзотическими спектральные исследования теплого инфракрасного излучения планет и спутников или интерференционная спектрометрия высокого разрешения.

В вопросе о природе аэрозольной компоненты атмосфер Юпитера и Сатурна, пожалуй, единственное, что не вызывает особых споров и возражений, это конденсационное происхождение основной массы облачного вещества. Если нам известен химический состав атмосферы и ее вертикальная структура, т. е. изменение с высотой температуры, давления и плотности, можно выяснять, какие из входящих в атмосферу газов и на каких высотах достигают состояния насыщения, необходимого для конденсации в капли или кристаллы. Правда, сам процесс конденсации или сублимации может происходить по-разному, в зависимости от целого ряда условий, в частности от того, есть ли

в данной зоне атмосферы достаточное число ядер конденсации и каковы скорости восходящих течений в атмосфере.

Основными претендентами на роль облакообразующего вещества в атмосферах Юпитера и Сатурна считаются аммиак и водяной пар. Температуры замерзания этих газов различны, так же как различны и по-разному зависят от температуры давления насыщенных паров аммиака и воды. Поэтому аммиачные и водяные облака должны формироваться на разных высотах. Но здесь мы несколько забежали вперед, не выяснив, что же известно сейчас о химическом составе и температурном режиме атмосфер двух крупнейших планет.

Еще до проведения спектральных наблюдений астрономы предполагали, что Юпитер и Сатурн в основном должны состоять из самых легких газов — водорода и гелия: слишком низки средние плотности этих планет, всего около 1,4 и 0,7 г/см³, соответственно. Молекулярный водород создает в спектре очень слабые линии и полосы поглощения, обнаружить которые удалось всего 20 лет назад при спектральных наблюдениях Юпитера. Значительно раньше были обнаружены малые составляющие атмосфер — метан и аммиак, полосы поглощения которых гораздо сильнее, несмотря на крайне низкую концентрацию этих газов, даже в сумме не превосходящую десятых долей процента. Правда, присутствие аммиака на Сатурне было доказано лишь недавно, так как, в отличие от Юпитера, аммиачное поглощение в спектре Сатурна значительно слабее и было зарегистрировано только с помощью современных фотоэлектрических спектрометров.

Самым сложным оказался вопрос о количестве гелия. От того, каково относительное содержание этого газа в атмосферах планет-гигантов, зависят многие свойства атмосфер: средний молекулярный вес, вертикальный профиль температуры и давления, поглощающая способность водородно-гелиевой смеси в инфракрасной части спектра. Прямое подтверждение присутствия гелия на Юпитере было получено только во время полета «Пионера-10». Установленный на этом космическом аппарате ультрафиолетовый фотометр зарегистрировал эмиссию гелия, вызванную резонансным рассеянием солнечного излучения. Но точное количество водорода и гелия в атмосферах Юпитера и Сатурна пока не известно. Большинство исследователей сходится на

том, что водорода должно быть около 80%, а гелия — немногим менее 20%. Во всяком случае, эти цифры не противоречат ни наблюдательным данным о планетах, ни теоретическим расчетам их внутреннего строения, и скорее всего их уточнение не приведет в дальнейшем к принципиально иному результату.

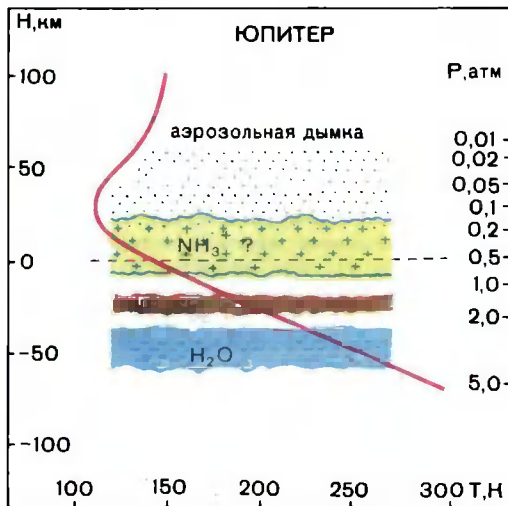
Долгое время оставались безрезультатными тщательные поиски других газов в атмосферах планет-гигантов. С развитием инфракрасной техники и спектроскопии высокого разрешения стало возможным детальное изучение спектров небесных тел в области длин волн более 4 мкм, чем, естественно, не преминули воспользоваться и исследователи планет. Результаты не заставили себя долго ждать — в 1974 г. в спектре инфракрасного излучения Юпитера американские астрономы обнаружили линии излучения этана и ацетилена, а годом позже вблизи длины волны 5 мкм были открыты линии поглощения водяного пара. Нельзя сказать, чтобы эти открытия были совершенно неожиданными, так как физико-химические расчеты и раньше предсказывали возможность присутствия в верхних слоях атмосферы Юпитера некоторых углеводородных соединений, и в первую очередь именно ацетилена и этана. Подозревалось также существование водяного пара в более глубоких и менее холодных слоях. Однако это ничуть не умаляет ценности наблюдательного подтверждения теоретических прогнозов, не говоря уже о том, что сами наблюдения представляли довольно тонкий эксперимент. Так, для поиска водяного пара американские специалисты использовали «летающую обсерваторию»: интерференционный спектрометр вместе с телескопом установили на самолете, поднимавшемся на высоту более 12 км. С наземных обсерваторий такие наблюдения были бы безнадежными, поскольку в нижней части нашей атмосферы водяного пара так много, что создаваемое им поглощение полностью маскирует значительно менее заметные линии планетного происхождения.

Список обнаруживаемых химических соединений на Юпитере и Сатурне продолжает пополняться. Во-первых, и на Сатурне найдены этан и ацетилен. Во-вторых, в спектрах обеих планет, как показали инфракрасные измерения, присутствуют полосы поглощения фосфена. Появились сообщения об открытии в атмосфере Юпитера циановодорода, тетрагирида германия и окиси углерода. Подо-

зревается также присутствие сероводорода. Последнее, кстати, имеет прямое отношение к природе облаков: продукт реакции аммиака и сероводорода — гидросульфид аммония, который может конденсироваться и, как предполагают, формирует один из облачных слоев в зоне атмосферы между аммиачными и водяными облаками.

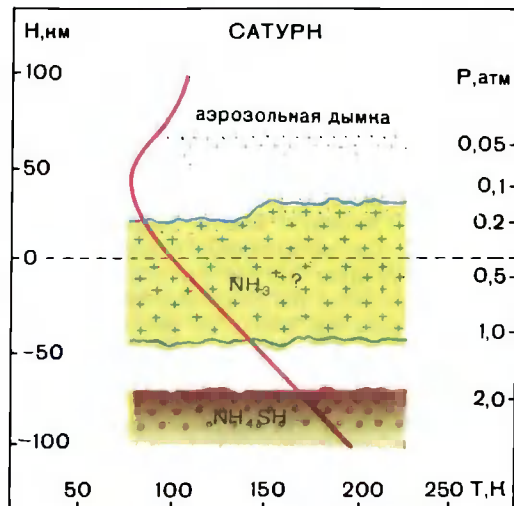
В самом начале мы уже говорили, что поглощаемая облаками часть солнечного излучения идет на нагрев атмосферы. Глубоко в атмосферу солнечные лучи

на обнаружили, что обе планеты излучают приблизительно в 2—2,5 раза большее количество энергии, чем поглощаемая ими солнечная энергия. Для Юпитера этот довольно неожиданный результат был подтвержден также измерениями с космических аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11». Таким образом, обе планеты обладают еще и собственными внутренними источниками тепла — горячими недрами, где температура с приближением к центру планеты достигает нескольких десятков тысяч градусов. Выход тепла наружу



Модели вертикальной структуры атмосфер Юпитера и Сатурна. Сплошная линия показывает изменение температуры с высотой. На Сатурне температура в конвективной зоне (показана пунктиром) убывает с высотой медленнее, чем на Юпитере. Верхняя аэрозольная дымка на Юпитере обнаружена по наблюдениям затмений спутников, выполненным американскими исследователями М. Прайсом и Дж. Холлом. Наиболее вероятное положение и химический состав облачных слоев изображены согласно теоретическим расчетам Дж. Льюиса и С. Вайденшильнга [США]. Верхняя граница аммиачных облаков на обеих планетах обозначена по измерениям автора в ультрафиолетовой области спектра и в полосах поглощения метана.

проникнуть не могут, поэтому в представлениях о внутреннем строении планет-гигантов долгое время господствовало мнение, что их недра должны быть либо ледяными, либо подобием океана из жидкого водорода со сравнительно низкой и не меняющейся с глубиной температурой. Взгляды эти радикальным образом изменились после того, как проведенные с самолета болометрические измерения потока теплового излучения Юпитера и Сатурна



обеспечивается главным образом конвективными процессами как на больших глубинах в недрах, так и в атмосферах обеих планет.

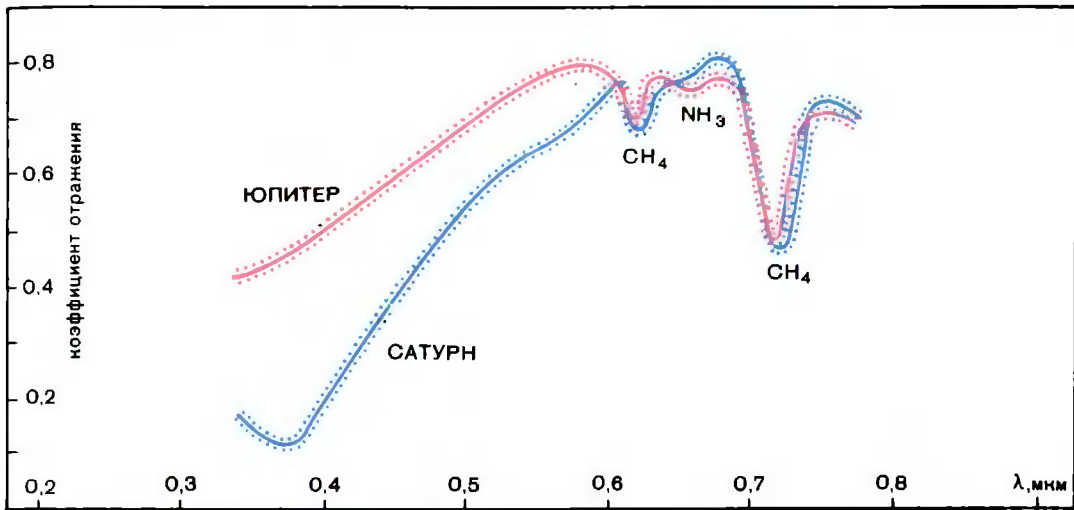
В конвективной зоне атмосферы температура должна почти строго линейно уменьшаться с высотой, хотя возможны небольшие отклонения от линейного хода внутри облаков из-за некоторого дополнительного выделения тепла при конденсации. Во внешней части атмосферы основную роль играет не конвекция, а лучистый перенос — поглощение и переизлучение инфракрасной радиации атмосферными слоями, поэтому ход температуры с высотой становится более пологим. В верхней атмосфере, где газ и примеси аэрозоля нагреваются за счет поглощения ультрафиолетовой радиации Солнца, наблюдается даже повышение температуры с высотой.

Условия, благоприятные для конденсации или, скорее, сублимации аммиака, создаются в верхней части конвективной зоны атмосфер Юпитера и Сатурна. Тол-

щина аммиачных облаков и масса сосредоточенного в них аэрозоля зависит от многих факторов и, конечно, от относительного содержания аммиака, которое пока точно не известно. Можно лишь сказать, что на Юпитере это величина порядка 10^{-4} и на Сатурне — 10^{-2} . Поэтому расчеты моделей структуры облачных слоев еще остаются очень приближенными.

Говоря об аммиачной природе видимых облачных покровов Юпитера и Сатурна, нельзя забывать одного немало-

вавториальный пояс планеты и полярные области явно желтее, чем пояса умеренных широт. Отражательная способность облачных покровов обеих планет резко понижается при длинах волн менее 0,5 мкм, что особенно заметно в спектре Сатурна. Окраска облаков, безусловно, связана с присутствием веществ, отличных от аммиака. Здесь снова стоит вспомнить о гидросульфиде аммония, одна из модификаций которого имеет желтый цвет и сильно поглощает в области спектра с длинами волн менее 0,5 мкм.



Спектральный ход отражательной способности светлого облачного вещества Юпитера и Сатурна [по измерениям автора]. В длинноволновой области спектра существенную роль начинают играть полосы поглощения метана и аммиака. При длинах волн менее 0,4 мкм понижение отражательной способности сменяется увеличением за счет наложения яркости надоблачной атмосферы с релеевским рассеянием, растущим в сторону коротких длин волн.

важного обстоятельства. Из лабораторных исследований известно, что кристаллы аммиака в видимой области спектра бесцветны, поэтому чисто аммиачные облака должны были бы казаться почти белыми. Однако на обеих планетах, и в особенности на Юпитере, детали видимых облаков окрашены по-разному: легко ощутимы всевозможные оттенки — от красных и коричневых до голубых. На Сатурне такого разнообразия нет, но эк-

возможно, некоторые количества конденсата этого вещества выносятся в зону аммиачных облаков конвективными турбулентными потоками. Во всяком случае, на Сатурне довольно отчетливо проявляется связь между окраской и видимыми изменениями высоты верхней границы облачного покрова, о чем еще будет сказано ниже.

Предлагалось немало и других веществ для объяснения окраски юпитерианских облаков. Последняя гипотеза такого рода навеяна открытием фосфена в атмосфере Юпитера. Физико-химические расчеты показывают, что в результате цепи фотохимических реакций с участием фосфена в атмосфере может появиться некоторое количество красного фосфора. Примесь последнего вполне объясняет цвет знаменитого Большого Красного Пятна на Юпитере и многих других деталей облачного покрова с красноватым или коричневатым оттенком. Разумеется, все это пока лишь гипотезы.

Вопрос о составе облаков можно

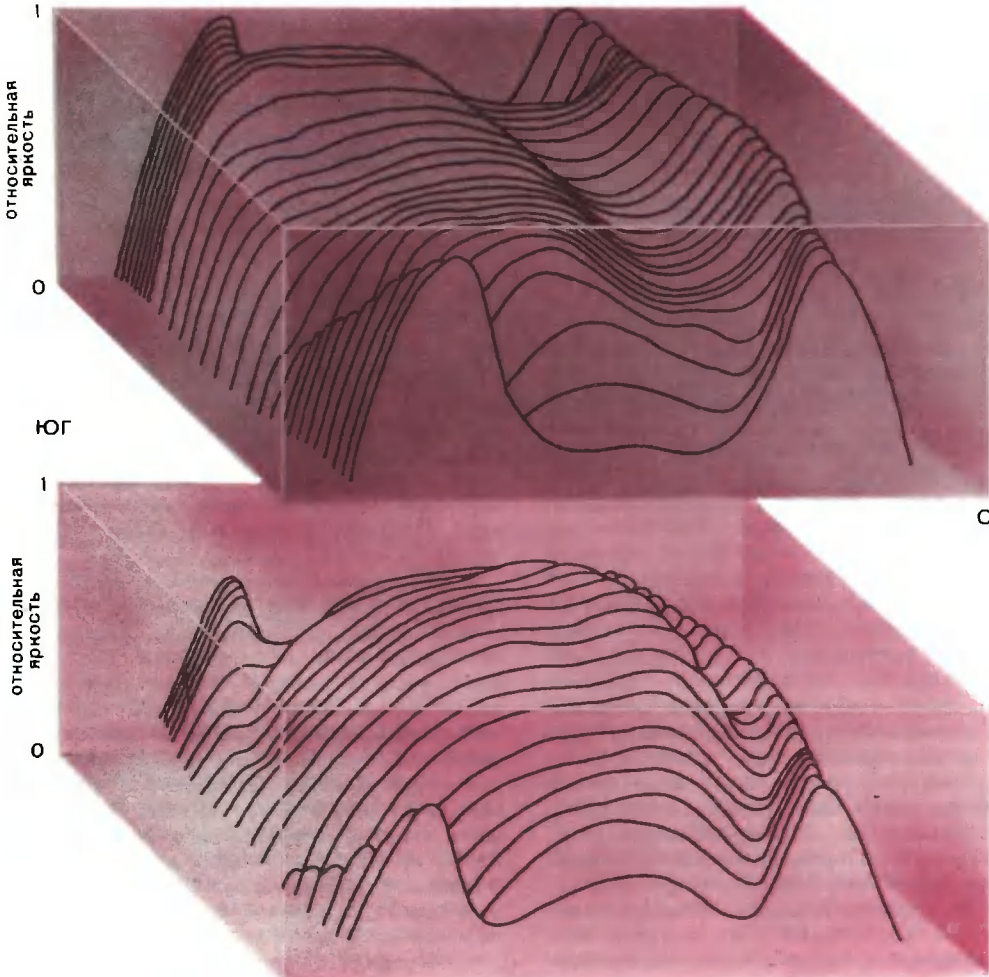
было бы решить сравнительно просто, исследуя инфракрасные спектры отражения различных веществ, если бы инфракрасный спектр Юпитера и Сатурна был свободен от многочисленных и мощных полос поглощения метана. Эти полосы

Распределение относительной яркости по диску Сатурна (и примыкающим к нему частям кольца) в красных лучах (внизу) и в ультрафиолете (вверху). Экваториальный пояс Сатурна, наиболее яркий в красных лучах, кажется очень темным в ультрафиолетовых лучах. В умеренных широтах яркость в ультрафиолете повышена за счет меньшего поглощения аэрозолями облачного слоя и за счет увеличенной яркости надоблачной атмосферы, так как облачный слой на этих широтах лежит глубже, чем в экваториальном поясе, и толщина газовой атмосферы (лишь с малыми примесями аэрозоля) над ним больше. [Измерения З. Н. Григорьевой и автора по снимкам обсерватории Мауна Кеа, любезно предоставленным Д. Крушкенком, США].

мешают обнаружить менее четко выраженные детали в спектре, характерные для тех или иных веществ.

У Юпитера в далеком ультрафиолете (в длинах волн менее 0,2 мкм) найдена полоса поглощения, характерная для твердого аммиака, т. е. получено доказательство, что в составе видимого облачного покрова Юпитера есть аммиак. В остальном же оптические наблюдения пока дают лишь некоторые сведения об особенностях пространственного распределения аэрозольной компоненты, а не о ее химическом составе.

Опыт земной метеорологии свидетельствует, что основная масса облаков образуется в конвективной зоне атмосферы. Логично предположить, что конденсационные облака на Юпитере и Сатурне тоже имеют верхнюю границу (может



быть, не очень резко очерченную). Тогда в вышележащих слоях атмосферы, сравнительно мало засоренных аэрозолем, должно происходить главным образом релеевское (молекулярное) рассеяние солнечного излучения, которое, как известно, усиливается с переходом в более коротковолновую часть спектра, меняясь обратно пропорционально четвертой степени длины волны. И, действительно, наблюдения подтвердили: на дисках Юпитера и Сатурна в ультрафиолетовых лучах яркость увеличивается вблизи краев диска благодаря эффекту релеевского рассеяния в надоблачной атмосфере. Увеличение яркости к краям диска в ультрафиолете не наблюдалось бы, если бы атмосфера была заполнена облаками до больших высот. Основной вклад в релеевское рассеяние дают молекулы водорода, и из фотометрических измерений в ультрафиолетовой части спектра можно найти, какое количество водорода находится выше эффективной верхней границы облаков. Эта граница в атмосфере Юпитера лежит на уровне, где атмосферное давление не превосходит $0,2-0,3$ атм, а на Сатурне — вблизи $0,1-0,2$ атм.

Наблюдения в ультрафиолете, а также измерения интенсивности полос поглощения метана в разных областях диска планеты указывают еще и на то, что положение эффективной верхней границы распространения аэрозоля, меняется на обеих планетах с широтой. Особенно наглядны в этом отношении снимки Юпитера, полученные через интерференционные светофильтры, вырезающие одну из сильных полос поглощения метана. Яркость планеты в полосе поглощения, конечно, сильно ослаблена, поэтому требуются очень большие экспозиции, и снимки получаются менее детальными, чем обычно публикуемые фотографии, сделанные в участках непрерывного спектра вне полос поглощения. Тем не менее, четко выделяются светлые области с относительно уменьшенным метановым поглощением, соответствующие, по-видимому, зонам повышения границы облачного покрова, и темные области, в которых граница облаков лежит глубже.

Самые интересные детали на таких фотографиях — яркие дуги, или «шапки», вблизи полюсов Юпитера. На Сатурне таких «шапок» не видно, хотя в околополярных областях Сатурна, как и в экваториальном поясе, верхняя граница облачного покрова располагается выше, чем в умеренных широтах. Скорее всего, вари-

ции высоты облачного покрова связаны с существованием преимущественно восходящих или нисходящих атмосферных течений в пределах того или иного пояса широт. Вероятно, усиленные восходящие потоки характерны для Красного Пятна на Юпитере: на снимках и спектрограммах оно кажется ярким образованием в сильных полосах поглощения, тогда как в соседних участках спектра это пятно сливается с окружающим фоном.

Но реальная зона распространения аэрозоля в верхних слоях атмосферы Юпитера и Сатурна все же не ограничивается тем уровнем, положение которого мы оцениваем по наблюдениям отраженной от планет солнечной радиации. В виде крайне разреженной и неощутимой в отраженных лучах дымки аэрозоль простирается до очень больших высот. Об этом говорят наблюдения затмений спутников Юпитера, выполненные группой американских исследователей. Когда спутник входит внутрь конуса тени, отбрасываемой Юпитером, он не исчезает полностью, так как из-за преломления солнечных лучей в надоблачной атмосфере освещенность внутри тени не равна нулю. Вспомним, что такой же эффект мы наблюдаем во время лунных затмений: даже в середине затмения Луна остается видимой, хотя и очень тусклой. Можно рассчитывать, как должен изменяться блеск спутника внутри тени Юпитера, если рефракция создается чисто газовой атмосферой планеты, не содержащей поглощающих или рассеивающих аэрозольных примесей. Однако наблюдения показали, что ослабление блеска спутника происходит быстрее, чем это следует из расчетов. Значит, в атмосфере Юпитера на довольно больших высотах над облачным покровом тоже есть некоторое количество аэрозоля. Оно не велико — примерно одна частица на кубический сантиметр, но становится ощутимым при почти касательном пересечении верхних слоев атмосферы Юпитера солнечными лучами.

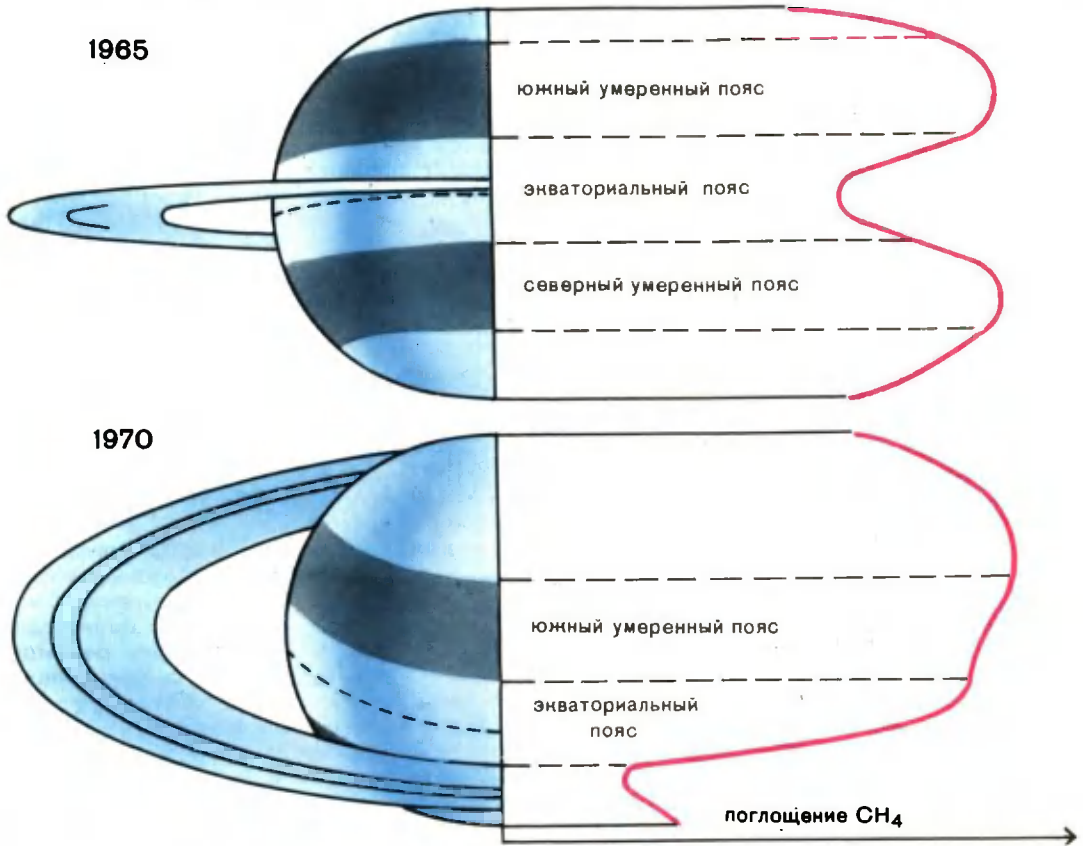
Этот аэрозоль уже вряд ли имеет аммиачную природу. Скорее всего он метеорологического происхождения, хотя нельзя исключить и возможности возникновения на этих высотах небольших количеств конденсата некоторых продуктов фотохимических реакций, например гидроксида. Но и в последнем случае требуется присутствие ядер конденсации, которыми могут служить мельчайшие частицы метеорной или космической пыли.

Многочисленные измерения интен-

сивности полос поглощения метана в разных участках дисков Юпитера и Сатурна, проведенные на ряде советских и зарубежных обсерваторий, свидетельствуют, что плотность видимых облачных покровов этих планет вряд ли столь же велика, как плотность земных кучевых или слоистых облаков. По крайней мере для верхней части облачных покровов число частиц составляет примерно 100 в кубическом сантиметре. Как меняется плотность облаков с глубиной, пока не совсем ясно, хотя теоретические расчеты предска-

ют повышение плотности в глубь облачного слоя.

На Сатурне, как следует из расчетов модели его атмосферы, аммиачный облачный слой должен быть примерно вдвое толще, чем на Юпитере. В отличие от других участков инфракрасного спектра, занятых полосами поглощения метана и частично аммиака, вблизи 5 мкм находится «окно прозрачности» — молекулярное поглощение здесь отсутствует и излучение может выходить из более глубоких слоев атмосферы. Ослабление этого излу-



Изменение интенсивности полосы поглощения метана вдоль центрального меридиана Сатурна в 1965 и 1970 гг. Хотя при изменении наклона плоскости экватора и падающим солнечным лучам существенно меняется и суммарное количество солнечной энергии, получаемое различными широтными поясами планеты, различие в поглощении между экваториальным и умеренными поясами практически не меняется. По-видимому, высотные различия в положении верхней границы облаков в этих поясах обусловлены циркуляционными процессами в более глубоких слоях атмосферы, зависящими прежде всего от выделения собственного внутреннего тепла планеты. [Наблюдения Г. А. Харитоновой и автора.]

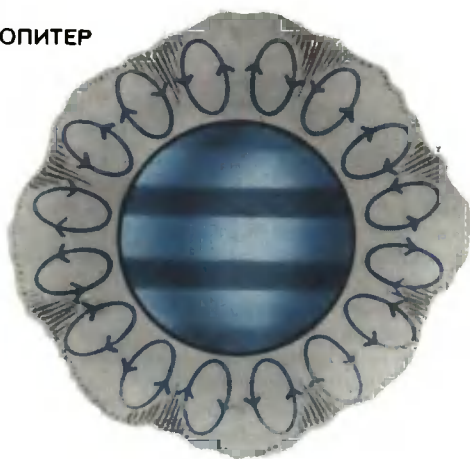
чения происходит, по-видимому, только за счет рассеяния в верхнем облачном слое. Американские исследователи обнаружили значительные колебания интенсивности пятимикронного излучения на диске Юпитера, проявляющиеся, в частности, в усилении потока излучения в темных облачных поясах и в уменьшении в светлых зонах диска планеты. Наиболее «горячие» точки с максимальной яркостной температурой совпали с незначительными по размерам выступами на краях темных

экваториальных полос. В отличие от других деталей видимой поверхности Юпитера, эти выступы имеют относительно синеватый оттенок. Естественно связать наблюдаемые колебания интенсивности теплового излучения с различной плотностью и толщиной, а следовательно, и с различной прозрачностью отдельных участков облачного покрова Юпитера. На Сатурне таких вариаций излучения на 5 мкм пока не обнаружено, да и сама интенсивность этого излучения оказалась значительно меньшей. Это как раз и можно рассматривать как признак большей толщины и меньшей прозрачности облачного покрова Сатурна.

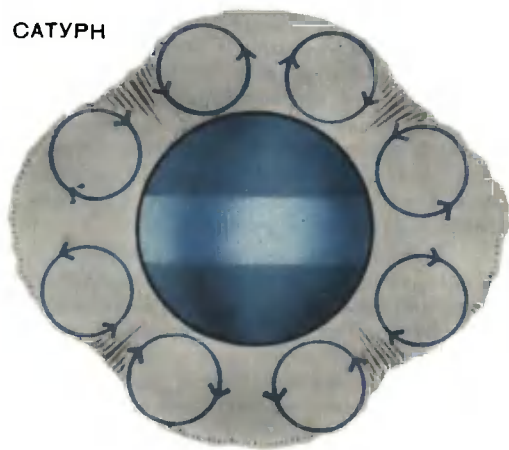
Некоторые исследователи считают, что темные участки на видимой поверхности Юпитера представляют собой разрывы в облаках, чуть ли не зоны «безоблачного неба». Скорее всего это не так. Темные пояса обычно имеют коричневатый оттенок, и их контраст со светлыми облачными образованиями, как правило, усиливается при переходе от красных лучей к фиолетовым. Если бы темные пояса были лишены облаков, должно было бы наблюдаться обратное: из-за релеевского рассеяния в свободной от облаков толще чисто газовой атмосферы безоблачные участки планеты казались бы наиболее яркими в фиолетовых и ультрафиолетовых лучах (где молекулярное рассеяние больше), чем в красных лучах. Тогда мы наблюдали бы уменьшение контрастов на диске Юпитера в коротковолновой части спектра, а не их увеличение. Но вот упомянутым выше «горячим точкам» действительно соответствуют детали поверхности, светяющиеся в синих и фиолетовых лучах. Возможно, они и представляют собой небольшие разрывы в облачном покрове.

Говоря об аэрозоле, нельзя обойти молчанием вопрос, каковы же размеры частиц, образующих облака на планетах-гигантах. Мы знаем, что в земных облаках спектр размеров водяных капелек может быть очень широким — от частиц с радиусами в микроны и даже доли микрона до «гигантских» капель с радиусами в десятки микрон (не говоря уже о выпадающих из облаков осадках — каплях, снежинках и градинах, существенно больших размеров). Поскольку оптические свойства аэрозоля зависят прежде всего от размеров частиц и коэффициента преломления, казалось бы, не очень трудно оценить эти размеры из оптических наблюдений. Но в естественных средах

ЮПИТЕР



САТУРН



Широтные изменения границы облачного покрова на Юпитере и Сатурне, связанные с вертикальной циркуляцией их атмосфер. Облачный аэрозоль достигает больших высот в области восходящих атмосферных потоков, которым, по-видимому, соответствуют светлые пояса облаков на планетах. Нисходящие течения вызывают понижение верхней границы облачного слоя [темные пояса]. Вся эта картина изображена грубо схематически, так как реальные циркуляционные процессы носят значительно более сложный характер и еще почти не изучены. Масштаб вдоль радиуса планет для облачных слоев сильно преувеличен по сравнению с действительным соотношением между радиусом планеты и толщиной оптически эффективной зоны атмосферы.

обычно присутствуют частицы разной величины, причем закон распределения по размерам для разных сред не одинаков. Кроме того, в большинстве случаев мы имеем дело не с однократным, а многократным рассеянием света в облачных слоях, что сильно усложняет и расчеты, и интерпретацию оптических измерений. Поэтому имеющиеся в настоящее время данные о средних размерах частиц в облаках Юпитера и Сатурна еще не столь определены и надежны, как хотелось бы.

Пожалуй, наиболее серьезные и основательные исследования в этом направлении были проведены советскими астрономами. Измерения степени поляризации излучения, отраженного от облачных покровов Юпитера и Сатурна, выполненные в Главной астрономической обсерватории АН УССР и в Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР, дали основную материал для суждения о размерах аэрозольных частиц. По имеющимся оценкам, средний радиус частиц на Юпитере равен примерно 0,2—0,3 мкм, а на Сатурне — около 1 мкм. Коэффициент преломления получился близким к коэффициенту преломления жидкого или твердого аммиака — около 1,4. Конечно, эти результаты еще не позволяют установить, насколько сильно колеблются размеры частиц в разных облачных поясах и в отдельных деталях облаков.

При перечислении трудностей, с которыми связаны оптические исследования планетных атмосфер, мы сознательно не упомянули еще одну, о которой теперь следует сказать несколько слов. Атмосфера любой планеты не есть нечто застывшее и неизменное во времени. Значит, для получения наиболее полной информации следовало бы, как это и делается в земной метеорологии, проводить одновременно все или почти все наблюдения, направленные на определение различных параметров, характеризующих состояние планетной атмосферы в данный момент. Различные виды и задачи наблюдений требуют и применения разнообразной по устройству и принципу действия аппаратуры. Но если на любой метеостанции все измерительные приборы действуют одновременно, то в условиях астрономической обсерватории этого почти никогда не удастся достигнуть: ведь каждый из приборов должен быть установлен на достаточно мощном телескопе, а такой телескоп у обсерватории чаще всего один и используется он отнюдь не только для

наблюдений планет. Поэтому до сих пор большинство наблюдательных работ по изучению планет не носит систематического характера, а получаемые результаты оказываются разрозненными по времени, что в силу изменчивости состояния планетных атмосфер усложняет их взаимное сравнение и сопоставление.

Мемночисленные пока опыты постановки регулярных однородных наблюдений свидетельствуют об их перспективности, особенно если такие наблюдения будут комплексными, включающими в себя и фотометрию, и поляриметрию, и спектральные измерения в широком диапазоне длин волн, в том числе и в области инфракрасного теплового излучения, и радиоизмерения.

Собственно, даже ограниченные по методике, но систематические, такие наблюдения могут привести к новым интересным результатам. Так, многолетние фотометрические наблюдения изменений относительной яркости облачных поясов Юпитера, проведенные в Астрофизическом институте АН КазССР, указывают на существование высотных различий в интенсивности активных процессов и на отсутствие симметрии проявлений атмосферной нестабильности в Северном и Южном полушариях планеты. Но ценность таких наблюдений была бы значительно больше, если бы их можно было сопоставить с одновременными исследованиями других оптических особенностей, отражающих состояние планетной атмосферы на разных широтах и его изменение со временем.

Организация постоянной «службы планетных атмосфер» — систематических и синхронных разносторонних наблюдений планет с участием большого числа как советских, так и зарубежных обсерваторий — крайне нужно и вполне осуществимое дело, особенно при все более укрепляющемся сейчас международном сотрудничестве ученых. Наряду с развитием космических исследований дальних планет такие комплексные наземные наблюдения, несомненно, внесут важный вклад и в решение проблемы состава и структуры аэрозольного компонента атмосфер планет-гигантов. Не менее плодотворным может стать объединение усилий астрономов и геофизиков, уже оправдавшее себя при изучении атмосфер ближайших к нам планет.

Мейотический партеногенез у тутового шелкопряда и проблемы генетики и селекции

В. А. Струнников, Е. Р. Терская



Владимир Александрович Струнников, профессор, доктор биологических наук, заведующий лабораторией биологии размножения и регуляции пола Института биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР, руководитель генетических исследований на тутовом шелкопряде в Среднеазиатском научно-исследовательском институте шелководства и в Ташкентском государственном университете.

Разработал ряд способов регуляции пола у тутового шелкопряда; вывел высокопродуктивные породы шелкопряда, дающие в гибридах одно мужское, т. е. экономически выгодное потомство. Занимается вопросами теории и практики гетерозиса и геномного анализа. Автор нескольких изобретений.



Елена Ростиславовна Терская, младший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается вопросами регуляции пола у тутового шелкопряда, и в частности получением мужского потомства методами андрогенеза и мейотического партеногенеза.

Чрезвычайный интерес селекционеров и генетиков к существующим в природе способам размножения вполне понятен. Каждому виду размножения свойственны в различной мере выраженные родственные и неродственные скрещивания, которые определяют генетическую структуру потомства и популяции. Поэтому, используя тот или иной вид размножения на разных этапах работы, экспериментаторы могли бы не только создавать необходимые генотипы, но и бесчисленно воспроизводить их в совершенно неизменном состоянии.

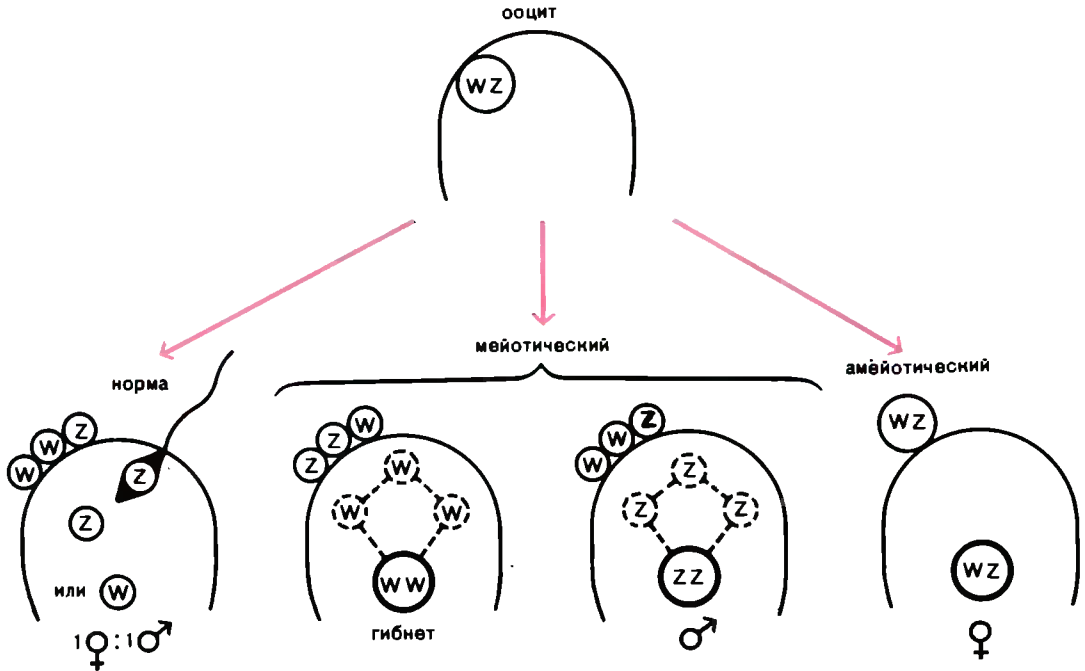
Обычное половое размножение разнородных случайно скрещивающихся особей сопровождается постоянной рекомбинацией наследственного материала сна-

чала при образовании половых клеток (гамет), т. е. в процессах мейоза, путем кроссинговера (обмен генами или гомологичными участками парных хромосом) и затем при оплодотворении. В результате возникает неповторимая гетерогенность обоеполюх популяций, весьма благоприятная для естественного отбора.

Однако имеются виды, которым присуще самооплодотворение. При такой форме размножения в результате слияния гамет, продуцированных одним организмом, образуется гомозиготное потомство (т. е. имеющее одинаковые аллели, разновидности данного гена в гомологичных хромосомах). Например, у многих растений и некоторых беспозвоночных и позвоночных животных наблюдается весьма

своеобразное половое размножение — партеногенез (развитие неоплодотворенных яйцеклеток). Партеногенез может идти с нередуцированным, диплоидным ядром (т. е. с двойным набором хромосом), когда зародышевые клетки не претерпевают мейоза, и тогда образовавшееся потомство повторяет генотип матери и все особи генетически идентичны. Такой вид партеногенеза называется **амейотическим**. Второй вид партеногенеза — **мейотический** — начинается после реду-

кционного деления ядра. В некоторых случаях развитие яиц идет с гаплоидным ядром (имеющим только один набор хромосом), в других диплоидность восстанавливается путем попарного слияния гаплоидных ядер, возникших в результате делений созревания (пронуклеус + направительное тельце) или же слияния дочерних ядер разделившегося пронуклеуса. Редукционное деление обуславливает генетическое разнообразие образовавшегося потомства, а возникновение в некото-



Цитогенетические схемы определения пола при нормальном оплодотворении, мейотическом и амеиотическом партеногенезе. При нормальном оплодотворении в готовых и оплодотворенных ооцитах [WZ] деление ядра блокировано на метафазе первого деления созревания. Проникшие в яйца сперматозонды [Z] стимулируют возобновление двух делений созревания: редукционного и эквационного. В глубь яйца погружается гаплоидный пронуклеус, соединяясь в 50% случаев с W-хромосомой и в остальных 50% случаев с Z-хромосомой. При мейотическом партеногенезе происходят точно такие же деления созревания, но выделившийся гаплоидный пронуклеус, не встретив мужского пронуклеуса, делится на два генетически идентичных ядра. В половине яиц пронуклеус получает W-хромосому, и тогда, после восстановления диплоидности, возникает конституция WW, которая нежизнеспособна. Выживает только вторая половина яиц с диплоидным ядром [ZZ] — самцы.

Амеиотический партеногенез протекает с нередуцированным ядром [WZ], совершенно идентичным по наследственной структуре ядру матери. Поэтому все партеногенетическое потомство представлено женским полом [WZ], генотипическим повторяющим своих матерей.

рых случаях диплоидного ядра за счет слившихся двух дочерних ядер пронуклеуса — гомозиготность по всем генам.

Благодаря этому — использование мейотического партеногенеза дает возможность создавать так называемые чистые, т. е. строго гомозиготные линии, что значительно повышает эффективность многих теоретических и практических работ по селекции. Разработка методов стимуляции к разным видам размножения

составляет одну из важных проблем экспериментальной биологии.

Тутовый шелкопряд стал первым объектом, который удалось искусственно размножить сразу несколькими не свойственными ему способами. Наша статья посвящена мейотическому партеногенезу тутового шелкопряда — методу, ставшему весьма ценным для решения многих теоретических и практических задач.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА МЕЙОТИЧЕСКОГО ПАРТЕНОГЕНЕЗА У ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Обычно бабочки тутового шелкопряда спариваются в пределах одной популяции случайно. Однако этот процесс можно и регулировать: спаривать только заранее определенные неродственные или, напротив, родственные формы, например братьев и сестер. Повторные близкородственные скрещивания через 10—15 поколений дают в значительной степени гомозиготные линии. Тутовый шелкопряд — насекомое раздельнополое, и поэтому самооплодотворение казалось у него невозможным. Но его удалось добиться методом экспериментального андрогенеза. При этом типе развития деление ядра осемененных яиц блокируют различными факторами (ионизирующее излучение, УФ-лучи, высокая и низкая температура), и тогда из материнской цитоплазмы и двух слившихся ядер сперматозоидов развивается андрогенетическое потомство мужского пола с признаками, унаследованными только от отца. Так как цитоплазма не несет существенных наследственных задатков, то образование ядра зиготы из двух ядер одного отца можно считать самооплодотворением, сходным по своим генетическим последствиям с самоопылением у растений. Гомозиготность при андрогенезе поэтому нарастает значительно быстрее, чем при скрещивании братьев и сестер, хотя достаточно полной степени она достигает только после многократно повторного андрогенеза.

Получение искусственных гомозиготных форм у тутового шелкопряда представлялось если не легкой, то, во всяком случае, разрешимой задачей. Ведь именно у тутового шелкопряда еще в прошлом столетии был открыт естественный партеногенез: из 100 тыс. — 1 млн неоплодотворенных яиц вылуплялась одна партеногенетическая личинка. Уже в нашем веке было установлено, что среди

партеногенетических личинок были как самки, так и самцы. Тогда же в основном были изучены цитогенетические механизмы обычного оплодотворения и партеногенеза различных типов.

У тутового шелкопряда самки имеют две разные половые хромосомы W, и Z, а самцы — две одинаковые ZZ. В одной половине готовых к оплодотворению яиц образуется пронуклеус (гаплоидное ядро) с W-хромосомой, а в другой — с Z. Таким образом после слияния женского и мужского пронуклеусов получают зиготы, дающие 50% самок (WZ) и 50% самцов (ZZ).

При мейотическом партеногенезе женский гаплоидный пронуклеус, не встретив мужского пронуклеуса, делится на два генетически совершенно одинаковых ядра, которые после слияния образуют диплоидное ядро, обеспечивающее дальнейшее развитие яйца. В половине яиц пронуклеус получает W-хромосому, что приводит после восстановления диплоидности к нежизнеспособной конструкции WW. К полному партеногенезу способна только вторая половина яиц с хромосомами ZZ; следовательно, мейотические гусеницы могут быть только мужского пола.

Аналогично половым хромосомам ведет себя любая гетерозиготная пара генов, например Aa. В одной половине яиц пронуклеус будет содержать доминантный ген A, а в другой половине — рецессивный — a. После слияния дочерних ядер пронуклеуса диплоидные яйца первой половины гомозиготны по доминантному гену (AA), яйца второй половины — по рецессивному гену (aa). Таким образом, в этом случае мужское мейотическое потомство должно быть представлено двумя количественно равными фенотипическими группами с доминантным и рецессивным признаком.

Действительно, возникающие при естественном партеногенезе самцы расщепляются на два гомозиготных класса по контролируемому гетерозиготным генам.

Казалось бы, что искусственное увеличение частоты вылупления партеногенетических гусениц по сравнению с естественным партеногенезом (0,001—0,0001%) разрешило бы проблему получения гомозиготных самцов. Это представлялось тем более вероятным еще потому, что именно у тутового шелкопряда уже в 1866 г. А. А. Тихомировым был открыт искусственный партеногенез.

В результате обширных эксперимен-

тов Б. Л. Астауров разработал совершенный метод партеногенетической активации неоплодотворенных яиц тутового шелкопряда действием горячей воды (46° в течение 18 мин). Партеногенез яиц стал столь же успешным, как и половое размножение: почти из 90% неоплодотворенных яиц после активации вылуплялись жизнеспособные личинки. Но этот партеногенез был амейотическим: он протекал с нередуцированным ядром, совершенно идентичным по наследственной структуре ядру матери. Поэтому все партеногенетическое потомство было женского пола, генотипически повторяющим своих матерей¹.

Несмотря на широкую вариацию условий активации неоплодотворенных яиц, Б. Л. Астаурову не удалось получить гомозиготных самцов, но он считал эту задачу разрешимой. Это предсказание сбылось. Способ мейотического партеногенеза разработан. Сейчас из 10—20 обработанных яиц вылупляется одна партеногенетическая гомозиготная гусеница мужского пола. Уже получены и широко используются в различных исследованиях десятки тысяч таких гусениц.

Открытие искусственного мейотического партеногенеза имеет свою предысторию. Один из авторов статьи — Е. Р. Терская работала над дальнейшим усовершенствованием методов экспериментального андрогенеза у тутового шелкопряда. Необходимо было каким-то фактором выключить из развития женское ядро, а затем оставшиеся в яйцах ядра сперматозоидов побудить к попарному слиянию. Для инактивации женского ядра были впервые использованы температуры ниже нуля. К нашему удивлению, охлаждение свежееотложенных осемененных яиц при —11°С переключало развитие яиц на андрогенез без дополнительного воздействия другими факторами; приблизительно из 7% охлажденных яиц вывелись андрогенетические гусеницы. Оказалось, что низкие температуры не только выключали женское ядро, но и стимулировали мужские пронуклеусы к андрогенезу. Исходя из этого, мы предположили, что низкие температуры должны также вызывать и партеногенез. Действительно,

охлаждая неоплодотворенные яйца склонного к партеногенезу клона 29, выведенного Б. Л. Астауровым с сотрудниками, мы получили партеногенетическое потомство. Индуцированный холодом партеногенез оказался двух типов — амейотическим и мейотическим. Это удалось четко установить потому, что взятый в опыт клон по случайливой случайности оказался гетерозиготным сразу по трем рецессивным генам-маркерам: красной окраски яиц, рыжей окраски гусеницы первого возраста и бесцветной гемолимфы гусеницы. Соответствующие доминантные аллели обуславливают темную окраску яиц и гусениц и желтую гемолимфу гусеницы (коконы соответственно желтого и белого цвета).

При охлаждении —11°С в течение более 120 мин яйца и вылупившиеся гусеницы имели по всем контролируемым признакам доминантный фенотип и были самками, повторяющими все характерные признаки своих партеногенетических матерей. Несомненно, они произошли путем амейотического партеногенеза, сходного с тем, который был разработан Б. Л. Астауровым. При охлаждении же от 20 до 120 мин практически развивались все яйца, принимая на третий день разную окраску: половина — обычную темную, половина — красную. Вылупившиеся в одном из первых опытов из красной и темной грены 2333 гусеницы дали примерно равные группы с рыжей и темной окраской покрова. Каждая группа гусениц подразделялась на желтокровные и бело-кровные, но все они были самцами. Значит возникли они в результате мейотического партеногенеза.

Эти данные послужили толчком к постановке более широких и детальных исследований в этом направлении². Мы изучили действие низких (от 0 до —20°С) и высоких (от 44 до 50°С) температур, газа СО₂ и электрического шока. В диапазоне доз, вызывающих партеногенез, отмечалась одна и та же закономерность действия, кроме электрического шока. (Электрическим шоком был индуцирован только мейотический партеногенез. Вероятно, нам не удалось испытать в своих опытах доз, достаточных для индуцирования амейотического партеногенеза). При

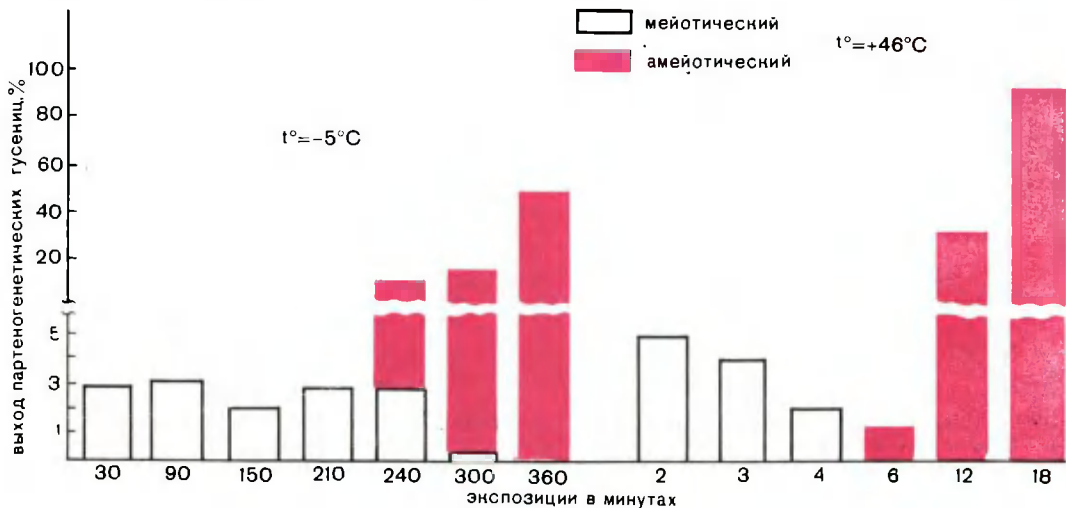
¹ Астауров Б. Л. Искусственный партеногенез у тутового шелкопряда. М.—Л., 1940; он же. Опыты по экспериментальному андрогенезу и гиногенезу у тутового шелкопряда.—«Биол. журн.», 1937, т. 6, № 1.

² Подробнее см.: Терская Е. Р., Струнников В. А. Искусственный мейотический партеногенез у тутового шелкопряда.—«Генетика», 1975, т. XI, № 3.

дозах, выше критических, яйца полностью развиваются амейотическим путем и из них десятки процентов доходят до вылупления личинок женского пола. Дозы, ниже критических, побуждают 96—97% яиц к мейотическому партеногенезу, идущему до образования пигментированной серозной оболочки, и только 2—3% яиц активизируется к амейотическому партеногенезу. Однако, несмотря на пигментацию почти всех яиц, вылупляется всего лишь 3—5% личинок мужского пола. Правда, эти показатели следует удвоить, так как

низкую жизнеспособность и плодовитость гомозиготных особей, разработанный метод дает достаточное количество самцов для различных экспериментов и селекционных работ. Например, от 1 тыс. бабочек-самок, содержащих в овариолах около 600 тыс. яиц, мы получаем 24—36 тыс. партеногенетических гусениц, дающих 1,2—1,5 тыс. плодовых самцов. О таком количестве гомозиготных особей могут только мечтать исследователи, работающие на других объектах.

Сейчас, когда мейотический партено-



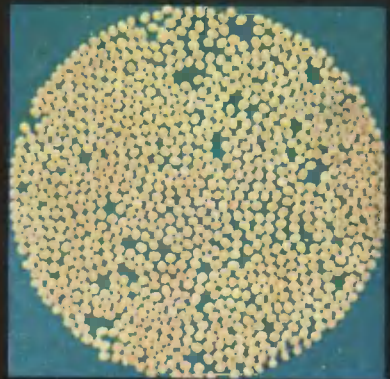
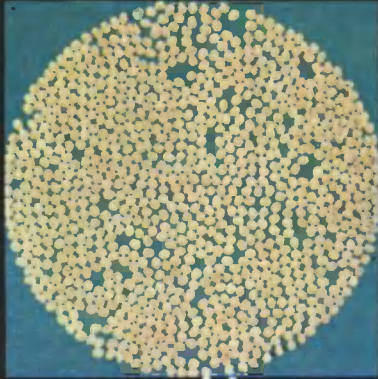
Частота выхода партеногенетических гусениц мейотического и амейотического происхождения в результате охлаждения неоплодотворенных яиц или прогрева.

только половина яиц с половыми хромосомами ZZ может дать полный партеногенез, а вторая половина конструкции WW — нежизнеспособна. Таким образом, частота вылупления гусениц повышается до 6—10%. Низкий выход самцов по сравнению с самками объясняется тем, что все летали («смертельные гены») и полулетали, которыми насыщены породы шелкопряда; оказываются у зародышей мужского пола в гомозиготном состоянии и тем самым сильно снижают их жизнеспособность. Аналогично объясняется низкая выживаемость партеногенетических самцов на постэмбриональных стадиях; в среднем только около 10% вылупившихся гусениц развивается в бабочки и лишь половина из них плодovита. Несмотря на

ногенез хорошо изучен, с уверенностью можно сказать, что этот тип размножения возникал в опытах многих исследователей, в том числе и в опытах Б. Л. Астаурова. Однако отсутствие сигнальных генов, действующих на стадии яйца, не позволяло судить о типе и относительной частоте индуцированного партеногенеза. Мейотические же гусеницы вылуплялись из яиц, мало склонных к партеногенезу, пород и в таком ничтожном количестве, что они без тщательного ухода погибали незамеченными среди многочисленных и более жизнеспособных амейотических гусениц.

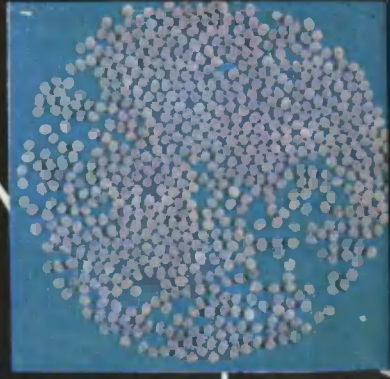
Одно из замечательных свойств гомозиготных самцов состоит в их способности потенциально сохранять наследственную склонность к партеногенезу обоих типов и передавать ее при обычном половом размножении своим дочерям. Это очень важно для построения различных селекционных схем работы с тутовым шелкопрядом на основе партеногенетического размножения.

ООЦИТЫ
re/+, ch/+, a/+



re/re

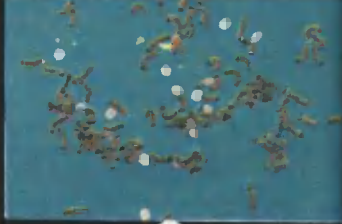
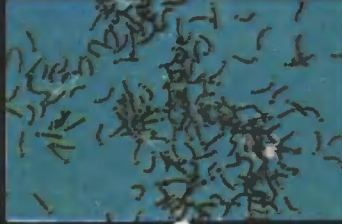
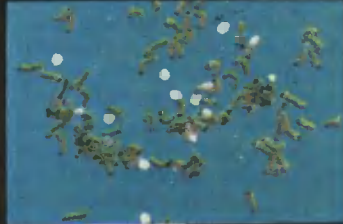
+/+



ch/ch

+/+

ch/ch



aa

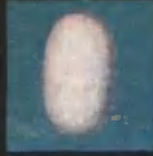
++

aa

++

aa

++



МЕЙОТИЧЕСКИЕ САМЦЫ

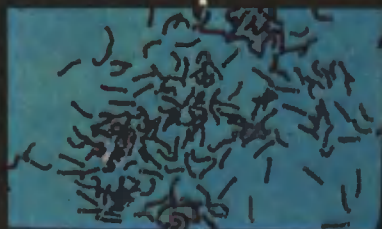
Фенотипы и генотипы партеногенетического потомства партеноклона 29. При охлаждении -44°C в течение 30 мин ооциты развивались по мейотическому пути, а при охлаждении в течение 5 ч — по амейотическому. Условные обозначения генов: *re* (*red*) — красная гrena [в норме — темная]; *ch* (*chocolate*) — рыжие гусеницы первого возраста [в норме — темные]; *a* — белая гемолимфа и коконы [в норме — желтые]; + — нормальный доминантный аллель.

ПАРТЕНОКЛОН 29

re / +

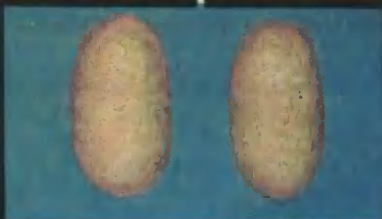


ch / +

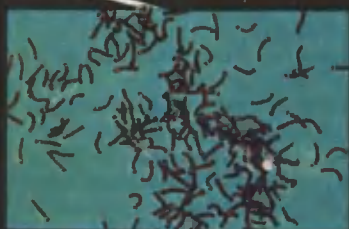


a / +

a / +

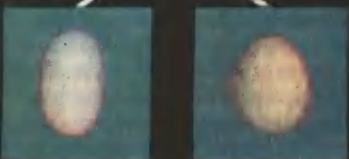


+ / +



aa

+ +



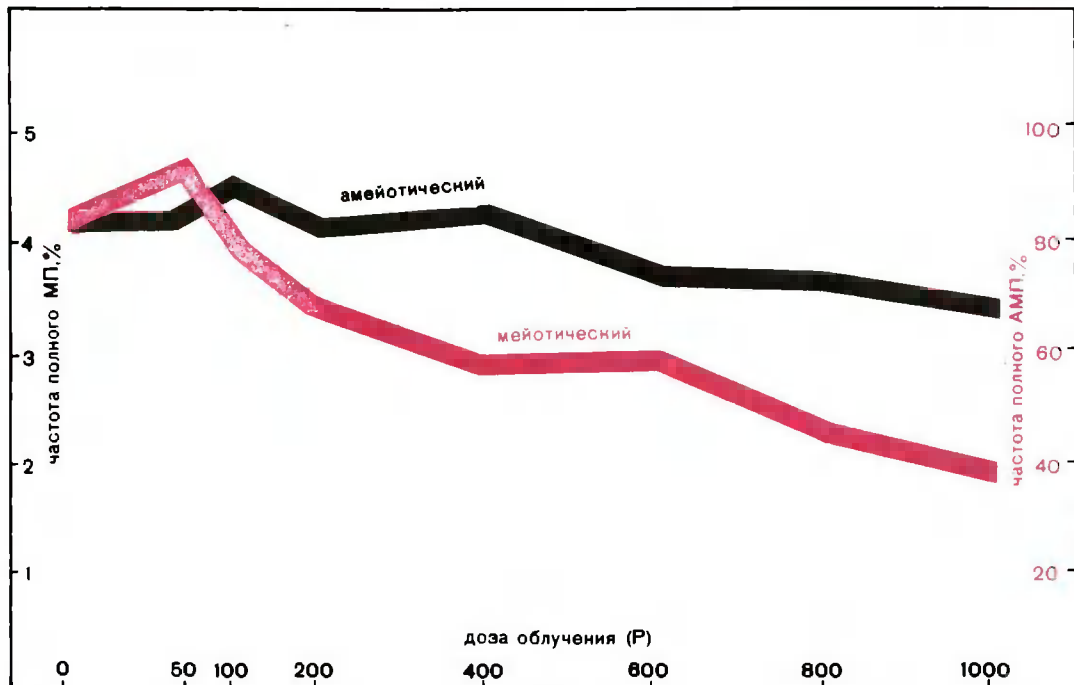
АМЕЙОТИЧЕСКИЕ САМКИ

ЧТО ДАЕТ МЕЙОТИЧЕСКИЙ ПАРТЕНОГЕНЕЗ НАУКЕ И ПРАКТИКЕ

С момента разработки мейотического партеногенеза прошло немного времени, но он уже нашел широкое применение в работах самых различных направлений. Сейчас еще трудно достаточно полно предугадать методическое значение мейотического партеногенеза. Разработка этого метода на тутовом шелкопряде весомерно пополняет и без того богатый арсенал различных способов управле-

ния размножением и развитием, делая этот объект еще более удобным для экспериментальных работ. Мы приведем здесь лишь некоторые примеры возможного использования мейотического партеногенеза.

Вместе с открытием искусственного мейотического партеногенеза решена вторая часть проблемы регуляции пола у тутового шелкопряда, а именно: выведение только мужского потомства. Особенно примечательно, что на неоплодотворенные яйца действовали тем же фактором,



Влияние дозы облучения неоплодотворенных яиц на частоту полного вылупления партеногенетических гусениц мейотического и амейотического происхождения. Неоплодотворенные яйца тутового шелкопряда облучались разными дозами γ -лучей. Каждую фракцию облученных яиц делили на две части, одну часть яиц стимулировали к амейотическому партеногенезу [46°; 18 мин], другую часть — к мейотическому партеногенезу [—11°; 30 мин]. Дозы облучения до 600 Р совершенно не снижают выхода амейотического потомства, и только при более высоких дозах отмечается его небольшое снижение. Напротив, выход мейотического потомства резко уменьшается, начиная с дозы 100 Р.

который в больших дозах позволяет получить потомство исключительно женского пола.

Разработка эффективной стимуляции мейотического партеногенеза ставит на совершенно новую ступень изучение мутационного процесса у животных, в частности у шелкопряда, при котором обычно обнаружить аутосомные, или не сцепленные с полом, рецессивные мутации нелетального, полулетального и летального характера довольно трудно. Между тем как раз они составляют существенную долю всех мутаций, возникающих как спонтанно, так и под действием различных мутагенов. Для их выявления прежде всего необходимо скрестить две особи, гетерозиготные по рецессивному ге-

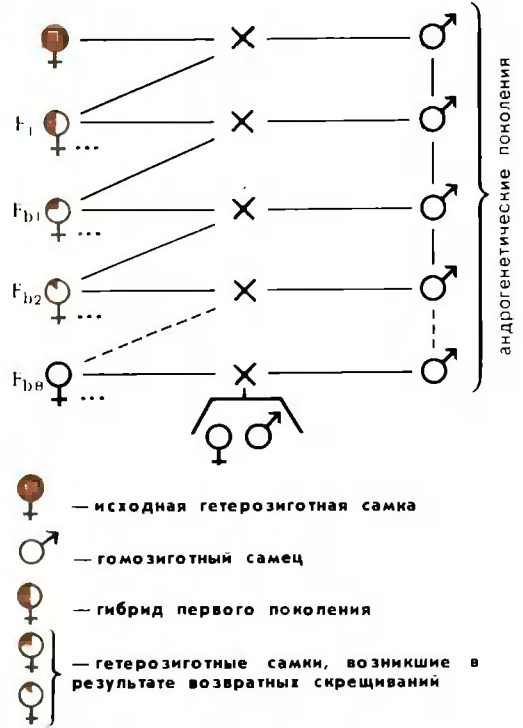
ну (AaX^hAa). В полученном потомстве (по закону Менделя — AA:2Aa баа) возникнет около четверти особей с новым рецессивным признаком. Таким образом, рецессивный ген обязательно должен быть размножен в исследуемой популяции. Чтобы наверняка обеспечить встречу двух гетерозигот по новому рецессивному гену, нужно выкормить сотни тысяч и даже миллионы гусениц тутового шелкопряда. Но подобная задача непосильна экспериментатору даже на таком прекрасном лабораторном объекте, как тутовый шелкопряд. Поэтому мутагенез обычно изучается на локусах половых хромосом, мутации которых легко обнаруживаются, но полученные по ним данные вряд ли правильно распространять на аутосомы.

Особенно ценно при мейотическом партеногенезе расщепление потомства от гетерозиготы Aa сразу на два гомозиготных генетических класса: AA и aa. Благодаря этому рецессивный ген (a) немедленно проявляется в партеногенетическом потомстве, даже если он до этого был в единственном числе в исследуемой популяции. Тогда объемы выкомок, необходимые для выявления одного мутантного гена, сократятся всего лишь до нескольких тысяч, что вполне доступно экспериментатору. Кроме того, в этом случае рецессивные гены будут обнаруживаться у диплоидных организмов (имеющих двойной набор генов) и истинная картина действия мутантных генов не будет искажаться. Выявление новых рецессивных мутаций приобретает особое значение в связи с открытием все более эффективных химических супермутагенов. Кроме того, часть рецессивных мутаций, вопреки распространенным ранее представлениям, иногда может повышать жизнеспособность потомства и оказаться хозяйственно ценной. С помощью мейотического партеногенеза мыслимо построить такие схемы отбора, которые позволили бы просеивать вновь возникшие гены, оставляя в популяции положительные и удаляя отрицательные мутации.

Мейотический партеногенез с успехом может быть использован и в радиобиологических исследованиях. Сейчас действие ядерных излучений на половые клетки животных оценивается, в основном, по снижению выживаемости потомства от облученных половых клеток. Жизнеспособность уменьшается за счет действия доминантных мутаций, возникающих чаще всего в результате серьезных хромосомных нарушений и перестроек. Таким об-

разом, существующие методы позволяют улавливать лишь действие относительно больших доз, а радиогенетический эффект, обусловленный образующимися во всех хромосомах рецессивными летальными и полуметальными, не учитывается, потому что они прикрываются нормальными аллелями.

При мейотическом партеногенезе все вредные рецессивные гены, попав в пронуклеус, удваиваются и поэтому немедленно действуют, нарушая развитие зародыша, снижая тем самым частоту вы-



Передача гомозиготного генотипа партеногенетического самца обоеполой линии методом возвратных скрещиваний. Темные участки кружка показывают долю еще не вытесненного генотипа исходной самки. Повторяя такие скрещивания 7—8 раз, можно полностью передать гомозиготный генотип андрогенетического клона обоеполой линии. F₁ — гибрид первого поколения, F_{1b1}... F_{1b8} — гибриды, полученные в результате возвратных скрещиваний.

лупления партеногенетических самцов. Очевидно, по относительной разнице между выходами амеиотического и мейотического потомства в двух фракциях яиц можно судить об удельном действии вредных доминантных и рецессивных мутаций.

По частоте вылупления мейотических потомков можно будет также легко и достоверно определять эффективность различных методов защиты суммарно от всех видов радиационных повреждений наследственных структур: чем эффективнее защита, тем выше будет выход партеногенетических самцов. Уже сейчас таким методом успешно изучается стимулирующее действие различных излучений на гаметы и зиготы. Партеногенетическое потомство мейотического типа оказалось удивительно чувствительным ко всем видам внешних факторов, действующих на клетки.

Удвоение каждой хромосомы при мейотическом партеногенезе может быть использовано для выполнения так называемого замещения хромосом, или геномного анализа. До сих пор считалось, что замещение хромосом у диплоидов невозможно. Однако это удалось сделать на диплоидном тутовом шелкопряде, правда довольно сложным методом³. После разработки способа мейотического партеногенеза замещение хромосом у тутового шелкопряда может быть осуществлено сравнительно легко. Вначале, путем поглотительных, или возвратных, скрещиваний выводится линия, у которой самка среди 28 пар хромосом имеет только одну нужную чужую хромосому, например XXVIII аутосому дикого вида *Bombyx mandarina*. Остальные хромосомы дикого вида вытеснены. Оставшаяся хромосома целиком происходит от дикого вида в связи с тем, что у самки нет кроссинговера и поэтому гомологичные хромосомы двух видов не могли обменяться своими участками. Аутосома данного типа (XXVIII) легко удерживается в потомстве женского пола выводимой линии путем постоянного отбора особей, проявляющих доминантный признак, контролируемый геном, локализованным в этой аутосоме. В аутосомах XXVIII пары домашнего шелкопряда этот ген находится в рецессивном состоянии.

Если одну единственную неизменяемую хромосому дикого вида легко удерживать у домашнего шелкопряда, то создание линии с двумя такими гомологичными хромосомами дикого типа довольно трудно. Вторую хромосому дикого вида в эту линию должен внести самец. Одна-

ко у мужского пола происходит кроссинговер, и поэтому хромосомы дикого и домашнего шелкопряда неизбежно перекомбинируются. Мейотический партеногенез позволяет легко обойти это препятствие. От самки, имеющей одну хромосому дикого и вторую, парную ей, домашнего шелкопряда, получают гомозиготных партеногенетических самцов, из которых одна половина самцов будет иметь две хромосомы домашнего, а другая — две хромосомы дикого шелкопряда. Теперь не составит особого труда получить обоеполюю линию с парой гомологичных хромосом дикого вида и 27 парами домашнего шелкопряда путем возвратного скрещивания партеногенетических самцов, имеющих пару хромосом дикого типа, с гетерозиготными по этим хромосомам самкам. Половина всех потомков окажется нужного нам генотипа. Особи с хромосомами дикого или домашнего шелкопряда легко отбираются по сигнальным генам, которые известны во всех 28 парах хромосом.

Теперь замещение всего лишь одной пары хромосом на аналогичную пару хромосом другой формы или другого вида позволит изучить роль каждой пары хромосом в формировании хозяйственных признаков не только у тетраплоидных растений, но и у диплоидного животного. На основе таких познаний станет возможной селекция нового типа, когда оригинальные хозяйственно ценные формы будут создаваться путем целенаправленного введения в известный хромосомный набор чужих хромосом или их определенных участков, контролирующих те ценные признаки, которых недостает у улучшаемой формы.

С разработкой мейотического партеногенеза стало реальным решение многоплановой проблемы сохранения и безграничного размножения уникальных по хозяйственной ценности генотипов, которые хотя и крайне редко, но все же возникают при половом размножении в результате бесперывных перекombинаций родительских генов. Такие генотипы обычно поражают воображение, но, к сожалению, их невозможно удержать при половом размножении. Мейоз в половых клетках уникальной особи и привнесение во время оплодотворения новых генов от другого родителя приводят к появлению новых генотипов, ни один из которых не может повторить генотип выдающегося родителя.

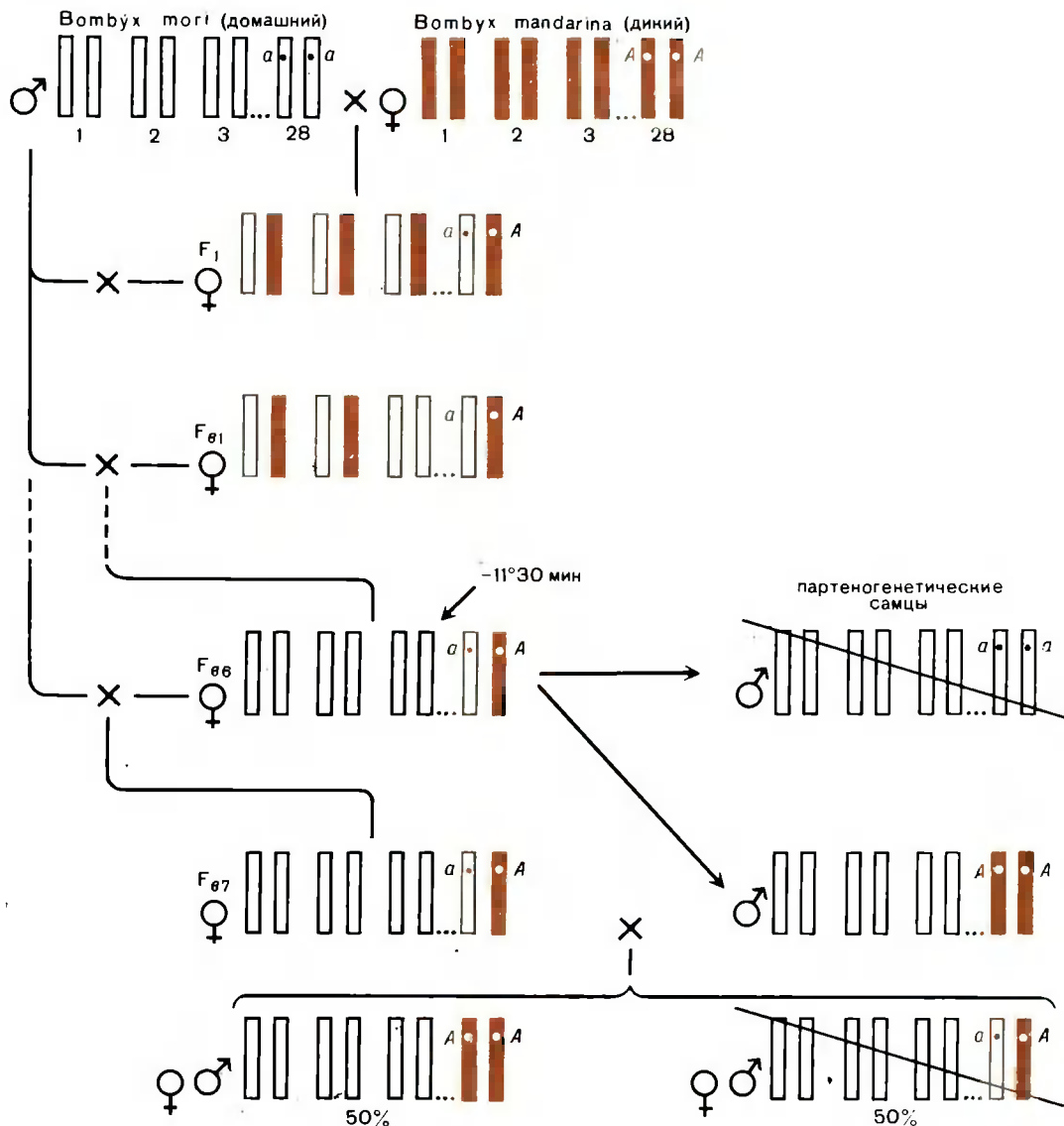
В лабораториях мира проблему за-

³ Струнников В. А. Замещение хромосом у тутового шелкопряда. — «Генетика», 1976, т. XII, № 2.

крепления уникальных генотипов у животных пытаются решить несколькими способами. Наиболее перспективным из них можно считать побуждение яйцеклеток к амейотическому партеногенезу и замещение ядер яйцеклеток обычных живот-

ных ядрами уникальных животных, взятых из соматических клеток. В обоих случаях развитие яйцеклетки должно идти с ядром, генетически совершенно идентичным ядру соматических клеток уникальных животных, и, таким образом, должен повторяться их генотип. Пока эти исследования еще только начинаются. Между тем у тутового шелкопряда задача закрепления и размножения генотипа отдельных самок принципиально уже давно решена с помощью амейотического партеногенеза. Если бы самки были так же продуктивны, как самцы, то шелководы вплотную

Замещение у домашнего тутового шелкопряда XXVIII пары аутосом на гомологичные аутосомы дикого шелкопряда. А — доминантный ген-маркер XXVIII пары дикого шелкопряда, а — его рецессивный аллель у домашнего шелкопряда [объяснение в тексте].



подошли бы к решению этой проблемы в промышленных масштабах. Целесообразность размножения на промышленных выкормках гусениц мужского пола усложняет задачу. Разработанные нами промышленные способы получения самцов (меченные по полу и сбалансированные по леталем породы) связаны с половым размножением и, следовательно, не могут обеспечить сохранения генотипов. Метод мейотического партеногенеза хотя и дает полностью генетически константных сам-

цов, однако сам по себе не может решить поставленной задачи. Но используя его в комбинации с другими видами размножения, мы достигли желаемых результатов в лабораторных условиях, и теперь наши усилия направлены на их широкое внедрение в практику.

Выведение строго гомозиготных партеногенетических самцов составляет уже половину успеха, остается только сохранить полученные константные генотипы в ряду последовательных поколений.

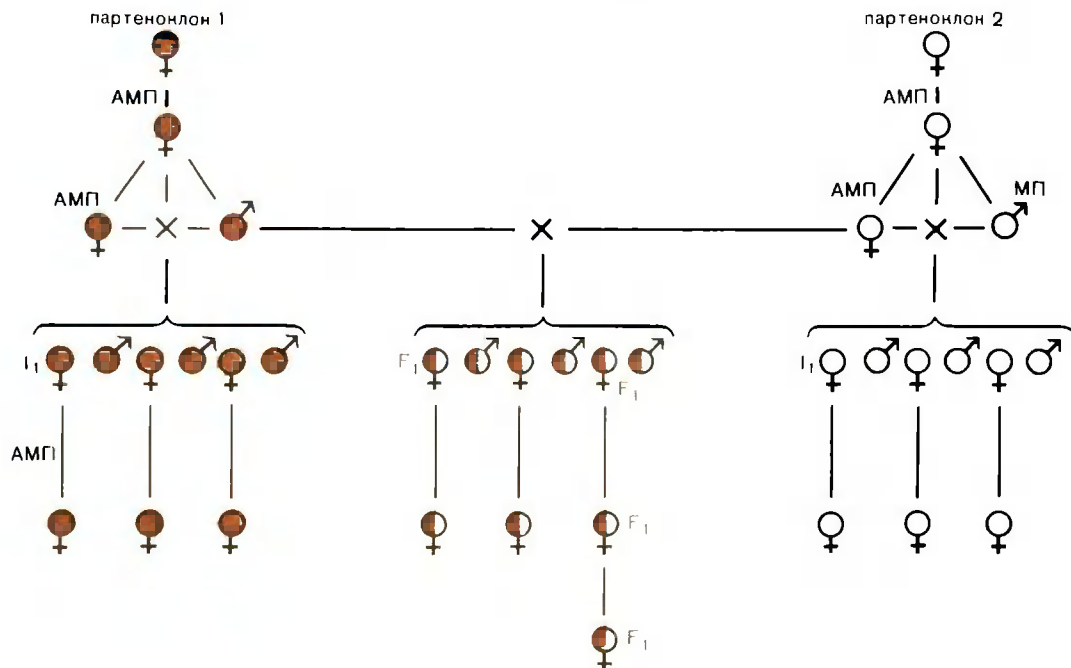


Схема выведения амеиотических партеноклонов с высокой склонностью к партеногенезу и хорошими хозяйственными признаками путем комбинации размножения амеиотическим, мейотическим партеногенезом, а также половым путем. АМП — партеногенетические самки амеиотического происхождения, МП — партеногенетические самцы мейотического происхождения. При такой схеме получения гибридов возникают самые разнообразные генотипы, лучшие из которых отбираются и закрепляются с помощью мейотического партеногенеза. I_1 — гибриды, полученные при близкородственном скрещивании.

Здесь к нам на помощь приходит экспериментальный андрогенез, значение которого предсказывал еще Б. Л. Астауров.

Напомним, что андрогенетическое развитие протекает за счет слившихся ядер двух сперматозоидов одного отца. Поскольку у гомозиготного самца все сперматозоиды генетически идентичны, все андрогенетические сыновья полностью повторяют его гомозиготный генотип. Вот уже третье поколение мы сохраняем и размножаем андрогенезом генотипы гомозиготных партеногенетических самцов. Потомство каждого самца образует клон (генетически идентичные поколения); они поразительно похожи друг на друга и на своего отца не только крупными, но и

мельчайшими признаками, казавшимися ранее ненаследуемыми.

Однако размножение гомозиготных линий андрогенезом пока еще ограничено сложной техникой его стимуляции. Но и это преодолимо: достаточно гомозиготного андрогенетического самца скрестить со своей сестрой (идентичной матери), а затем полученных гибридных самок вновь скрестить с клонально сохраняемыми гомозиготными самцами. Такие возвратные скрещивания нужно повторить 7—8 раз и тем самым практически полностью передать гомозиготный генотип андрогенетического клона обоим полам легко размножаемой линии. Однако строго гомозиготные самцы и их андрогенетические и даже нормально размножаемые обоеполюсы линии не могут использоваться в практике в чистом виде, поскольку все они в какой-то мере депрессированы гомозиготными полудетальями, из-за чего урожайность их бывает пониженной.

Зато гомозиготные самцы обладают повышенной потенциальной способностью к проявлению мощного гетерозиса в гибридах F₁⁴. Согласно недавно высказанной гипотезе гетерозиса⁵, это происходит оттого, что выживает только очень небольшая часть партеногенетических самцов с достаточным количеством генов-модификаторов, или генов «жизнеспособности», компенсирующих действие гомозиготных полудеталей. В гибридах, полученных от скрещивания гомозиготных самцов с нормальными самками, полудетали переходят в гетерозиготное состояние, или, иными словами, они прикрываются нормальными аллелями, и тогда сконцентрированные гены-модификаторы оказываются не уравновешенными полудетальями и поэтому в сумме проявляют сильное действие, которое выражается в виде гетерозиса. Естественно, что среди десятков тысяч партеногенетических самцов, в среднем отличающихся повышенной способностью к гетерозису, удастся выбрать уникальных в этом отношении самцов. Нам встречались единичные самцы, которые давали гибриды на 40% более урожайные, чем сход-

ные гибриды матери, от которой они произошли партеногенетическим путем. При этом их гибридное потомство выгодно отличалось значительной выравненностью по основным признакам.

Таким образом, проблема сохранения и размножения уникального по гетерозисным свойствам самца принципиально решена. Однако в том случае, когда с самцовым клоном будут скрещиваться, как обычно, самки различного генотипа, одна половина семей, очевидно, даст урожай ниже средней величины, а другая — выше. Самый высокий урожай дадут единичные, опять-таки уникальные самки. Здесь вновь возникает проблема закрепления и сохранения генотипа, но теперь уже этих выдающихся самок. На первый взгляд, такая проблема легко решается амейотическим партеногенезом наиболее подходящей для данного мужского клона самки. В действительности это невыполнимо. Обычные самки в среднем мало склонны к искусственному партеногенезу. Поэтому прежде всего необходима длительная и трудоемкая селекция на повышенную способность к партеногенезу. В ходе этой селекции возникает одно препятствие, заключающееся в том, что константность клонов (замечательное свойство в завершенной породе) становится серьезной помехой в селекции породы, так как первая же партеногенетическая генерация исключает генетическую изменчивость и вместе с этим эффективный отбор. И здесь на помощь приходит мейотический партеногенез. От партеногенетических самок теперь мы получаем мейотическим партеногенезом гомозиготных самцов и скрещиваем их или со своими партеногенетическими сестрами, повторяющими генотип матери, или с самками других клонов. Средний уровень полного партеногенеза у потомков от таких скрещиваний не снижается, и вместе с этим, как обычно при половом размножении, возникают самые разнообразные генотипы, среди которых можно отобрать наиболее желательных во всех отношениях особей и закрепить их генотип амейотическим партеногенезом. По признакам отдельно взятых самок и их партеноклонов еще нельзя судить об их наследственных свойствах, тем более о способности давать хорошее гибридное потомство с мужскими клонами. Эта способность проверяется непосредственно у гибридов. Если при испытании гибридов обнаружится необходимость дополнительной корректировки партеноклона для

⁴ Струнников В. А. Генетический анализ повышенной гетерозисности по всем локусам партеногенетических самцов тутового шелкопряда. — «ДАН», 1976, т. 228, № 1.

⁵ Подробнее см.: Струнников В. А. Возникновение компенсационного комплекса генов — одна из причин гетерозиса. — «Журн. общ. биологии», 1974, т. 35, № 5.

улучшения хозяйственных признаков гибридов, то ее можно легко осуществить повторными скрещиваниями партеноклона с их партеногенетическими братьями и отбором более приемлемых для гибридизации самок.

Итак, стало возможным раздельное размножение, без изменения генотипов, двух разнополых особей, дающих при скрещивании между собой выдающееся по ценности гибридное потомство. Совершенно очевидно, что миллиарды гибридных потомков, полученных в результате скрещивания размноженных разнополых особей, полностью повторяют все ценные свойства той единственной семьи, которая вначале была получена от отобранной исходной пары на малых объемах. Это уже делается в лабораторных условиях. На пути к промышленному использованию достигнутых результатов еще стоят некоторые препятствия чисто технического характера, которые, однако, нам представляются вполне устранимыми.

Хозяйственный и научный эффект описанного направления исследований еще более возрастает от того, что использование партеноклона в качестве материнской формы для промышленной гибридизации, во-первых, повышает в два раза коэффициент размножения племенного материала, поскольку в клонах все яйца развиваются в самок, во-вторых, решает проблему регулируемого гетерозиса (получение стопроцентных гибридов), потому что материнская форма представлена одними самками и их, следовательно, не нужно отделять от самцов для межпородного скрещивания, и, в-третьих, создает гетерогенность гибрида, что придает ему большую устойчивость к заболеваниям по сравнению с гомозиготными гибридами.

В свою очередь, клон самцов может быть сбалансирован по двум сцепленным с полом леталем⁶, и тогда осуществится эффективная комбинация: партеногенетический клон, дающий из поколения в поколение только самок, наоборот, при скрещивании с двухлетальными самцами, даст потомство одного мужского пола, которое на 20% продуктивнее по выходу шелка в сравнении с обоеполым потомством. Высокая эффективность таких скре-

щиваний уже проверена в нашей лаборатории.

Хочется еще раз обратить внимание на широкий диапазон методических возможностей мейотического партеногенеза в решении самых актуальных вопросов теоретической и прикладной селекции. Мейотический партеногенез позволяет легко улавливать все виды рецессивных мутаций и одновременно оценивать их приспособительную ценность, выявлять роль отдельных хромосом в формировании хозяйственных признаков и на основе полученных данных вводить в промышленные породы хромосомы или их отдельные участки с ценными генами других форм, создавать популяции различной генетической структуры, получать высокогетерозисных гомозиготных особей и в завершение всего неограниченно размножать уникальные генотипы для промышленной гибридизации.

Было бы неверным ограничить перечисленные здесь возможности рамками одного тутового шелкопряда. Еще совсем недавно разработанные сегодня методы управления размножением, развитием и полом казались утопичными даже применительно к тутовому шелкопряду. Но теперь эти методы широко используются в научном и практическом шелководстве. Вот вероятно, перспективы селекции и других сельскохозяйственных животных и прежде всего рыб и птиц, поскольку у них уже открыты различные формы естественного партеногенеза. Большое сходство естественного партеногенеза у индеек и кур с естественным партеногенезом у тутового шелкопряда позволяет надеяться, что и у этих птиц будут выявлены сходные закономерности активации яиц к мейотическому и амейотическому партеногенезу.

Результаты изучения и применения на тутовом шелкопряде партеногенеза, андрогенеза и других приемов представят, без сомнения, интерес не только для животноводов, но и для растениеводов, перед которыми в ряде случаев стоят, по существу, весьма сходные проблемы.

УДК 575

⁶ Струнников В. А. Получение мужского потомства у тутового шелкопряда.— «ДАН», 1969, т. 188, № 5.

Советско-американский симпозиум по химии и физике белка

В 1973—1974 г. между Академией наук СССР и Национальной академией наук США было заключено соглашение об обмене информацией и сотрудничестве между учеными этих стран в надежде, что такое сотрудничество поможет успешно решению проблем, представляющих взаимный интерес. Проведение совместных научных совещаний способствовало бы такому сотрудничеству. Было организовано три симпозиума, объединенных общей темой «Новые направления в биологии». Первый симпозиум, который состоялся в Киеве в 1975 г., был посвящен нуклеиновым кислотам. Предметом второго (Чикаго, июнь 1976 г.) были исследования в области биомембран. Третий симпозиум из этой серии был проведен в СССР в Риге с 4 по 8 августа 1976 г. Он был посвящен проблемам химии и физики белка. Симпозиум явился результатом согласованной подготовительной работы двух оргкомитетов, в которые входили от СССР вице-президент АН СССР академик Ю. А. Овчинников (председатель оргкомитета), профессора Г. И. Чипенс и В. Ф. Быстров (заместитель председателя), от США — профессора Э. Блаут, Эл. Смит, С. Мур, Б. Бродски-Дойл.

Тематика симпозиума включала проблемы химии и физики белка, наиболее активно изучаемые в обеих странах, а также использования новых методических приемов при исследовании структуры белков. В работе симпозиума приняли участие 25 ученых из США и около 80 ученых из СССР, представлявших разные географические области обеих стран.

Среди участников было значительное число известных ученых, а также много молодых исследователей. Было проведено восемь пленарных заседаний, включавших доклады и дискуссии по ним, и две стендовые сессии, на которых было представлено 53 сообщения. Пленарные заседания возглавляли наиболее опытные ученые, способствовавшие своим работами развитию многих областей химии белков: А. Е. Браунштейн, В. А. Энгельгардт, Дж. С. Фрутон, Ф. В. Патнем, С. Е. Северин, В. Стоккениус.

Хотя формально симпозиум был посвящен вопросам химии и физики белка, большинство докладчиков уделили особое внимание изучению зависимости биологических функций от конкретных особенностей химической структуры белков и их пространственной организации. Успехи, достигнутые благодаря различным подходам, четко отражены в программе. Были представлены результаты изучения аминокислотной последовательности, трехмерной структуры и физических свойств белков, которые вызвали большой интерес и оживленно обсуждались исследователями, использующими эти взаимодополняющие методы.

Одной из главных тем симпозиума было изучение структуры и механизма функционирования пепсина и других кислых протеаз. Н. С. Андреева доложила о результатах рентгеноструктурного изучения трехмерной структуры пепсина при разрешении 2,7 Å. Оказалось, что молекула фермента построена из двух доменов с протяженной впадиной между ними. Остатки аспарагиновых кислот 32 и 215, входящие в активный центр фермента, расположились на очень близком расстоянии друг от друга во впадине на поверхности моле-

кулы. По обе стороны этих групп расположены два гидрофобных участка, которые, по-видимому, являются первичными участками связывания субстрата.

Карты электронной плотности пепсина удалось расшифровать, пользуясь данными о первичной структуре фермента, полученными Дж. Н. Тангом. На заседании Дж. Н. Танг сообщил также о химических модификациях пепсина и исследованиях по его взаимодействию с различными субстратами и ингибиторами. Эти химические данные об активном центре и механизме действия пепсина согласуются с результатами рентгеноструктурного анализа. В. К. Антоновым были доложены результаты исследования конформационных состояний пепсина в широком диапазоне рН и температуры, которые позволили предложить динамическую модель действия фермента и его конформационных переходов. В дополнение к этому Д. Р. Дэвис познакомил с материалами по трехмерной структуре микробной кислой протеазы, которая весьма сходна по строению с пепсином. Сравнение результатов, полученных для этих двух ферментов, было проведено представителями обеих лабораторий.

Другой проблемой, которой был посвящен ряд докладов, явилось изучение животного родопсина и бактериородопсина. В. Стоккениус дал общую характеристику роли бактериородопсина как светозависимого протонного насоса, генерирующего хемиосмотический градиент протонов в клеточной мембране и используемый бактериальной клеткой для фотосинтеза. Н. Г. Абдулаев сообщил об успехах в определении аминокислотной последовательности бактериородопсина. Для получения стабильных препаратов белка

Аутентичный текст этого сообщения публикуется в журнале «Science» (США).

была использована обработка его малеиновым ангидридом. Первичная структура была определена для 6 пептидов, которые суммарно включают 120 аминокислотных остатков. Доклад В. Л. Хаббела был посвящен светозависимым химическим превращениям родопсина животных, в частности изменениям содержания кальция в реконструированных мембранах, содержащих родопсин в качестве единственного белкового компонента. Высказано предположение, что сам родопсин может быть светорегулируемым каналом фоторецепторной мембраны.

В ряде других докладов были затронуты проблемы определения первичной структуры белка: сюда относятся работы по рибосомальным белкам (Ю. Б. Алахов), ДНК-зависимой РНК полимеразе (Н. Н. Модянов), лейцин-связывающему белку (Н. А. Алданова), гликопротеиновым гормонам (Д. Г. Пирс), гистонам (Р. Д. Коул), стимуляторам роста (Р. А. Бредшоу), белкам свертывания крови (Э. В. Дэви), короткоживущим аминоконцевым последовательностям, общим для секреторных белков (Г. Блобел) и пептидным антибиотикам (А. С. Хохлов). В качестве характерного примера можно привести данные Р. Д. Коула по последовательности аминокислот в нескольких субфракциях гистона H-1 из одной и той же ткани, которые показывают, что эти субфракции имеют значительную гомологию, а в наиболее различающихся областях содержат два кластера положительно заряженных остатков, расстояния между которыми различаются в каждой фракции. В связи с этим обсуждалась возможная роль такого распределения зарядов в структуре хроматина и функциональное значение микрогетерогенности H-1. В близкой по теме лекции Е. С. Северин представил данные по характеристике и специфичности цикло-АМФ-зависимой гистонкиназы мозга. В его сообщении подчеркивалась роль формирования в индуцировании структурных измене-

ний хроматина, связанных с его функционированием.

Важность знания аминокислотной последовательности при изучении зависимости структуры и функции белков была отмечена во всех докладах, и такие зависимости были детально проанализированы для коллагена (доклад К. И. Пича), ангиотензина (Г. И. Чипенс) и иммуноглобулина (Ф. В. Патнем). Например, К. И. Пич использовал известную аминокислотную последовательность коллагена, чтобы предсказать возникновение особых агрегатов, которые эти молекулы образуют в фибрилле. Эти расчеты подтверждают модель микрофибриллы с осью симметрии 5 порядка, предложенную на основании рентгеноструктурного анализа и соображений симметрии.

В ряде докладов, заслушанных на симпозиуме, были приведены примеры применения физических методов для изучения пространственной организации белков и конформационных изменений; сообщены содержали обширные спектральные данные по нейротоксину, содержащему 61 аминокислотный остаток, выделенному из яда кобры *Naja paja oxiata* (доклад В. И. Цетлина), изучению структуры и функции металлсвязывающих пептидов (В. Т. Иванов), результатам рентгеноструктурного исследования леггемоглобина и его комплексов (Е. Х. Арутюнян), результатам изучения малоуглового рассеяния рентгеновских лучей на коллагене (Б. Бродски-Доил), исследованию методом протонного магнитного резонанса кальцийсвязывающего белка тропонина С (А. А. Батнер-Би), данным об инфракрасных спектрах белков (Ю. Н. Чиргадзе) и результатам кинетических исследований взаимодействия папина с олигопептидами (Дж. С. Фрутон).

Был предложен ряд новых методов для изучения белков, которые вызвали широкое обсуждение и инициировали ряд новых идей. Так, использование флуоресценции при исследовании денатурации белка высоких давлений показало, что в лизоциме и химо-

трипсиногене существуют по крайней мере два денатурируемых домена (Г. Вибер). А. Аллерханд привел ряд сведений о применении ^{13}C -ЯМР для изучения белков в растворах и об отнесении сигналов спектра к конкретным остаткам. В докладе Д. М. Энгельмана содержалось описание применения нейтронного рассеяния для локализации белков в рибосоме путем определения расстояний между парами рибосомальных белков. Энгельман изложил общую теорию этого метода и его перспективность для изучения пространственного расположения белков в многокомпонентных системах. Доклад Р. Е. Дикерсона был посвящен структуре и функции цитохромов. Им были представлены результаты рентгеноструктурного анализа ряда цитохромов, проанализирована гомология и возможные ее причины. Д. Р. Девис также подчеркнул эволюционные аспекты в своей лекции о трехмерной структуре Fab-фрагментов иммуноглобулина и предложил использовать наблюдаемую консервативность структурных элементов белков для предсказания их трехмерной структуры.

Симпозиум был значительным с точки зрения контактов ученых и их интереса к применению различных методов и подходов при исследовании структуры и функции белка. Во время стендовых выступлений, в неофициальных беседах, проходивших в течение недели в Риге, а также во время посещения лабораторий американскими учеными после завершения симпозиума — всюду была прекрасная возможность поделиться мыслями по методологии и результатам исследования в области химии и физики белка.

Оргкомитет Советско-американского симпозиума по химии и физике белка

Как возникала наука

П. П. Гайденко

В современную эпоху, в условиях научно-технической революции, наука поистине проникает в плоть и кровь цивилизации, властно заявляя о себе как об одном из важнейших стимулов ее развития. Наука стала — и по своему экономическому значению, и по силе своего идейного влияния — культурным фактором первого ранга. Ее особая роль раскрывается в определении путей и методов создания материально-технической базы коммунизма, в обеспечении развития и расцвета человеческой личности в условиях подлинно справедливого общественного строя.

Закономерно, что в наши дни непрерывно возрастает интерес к изучению природы научного познания, сущности науки, законам ее становления и развития, интерес к генезису научного мышления. Здесь глазам исследователя открывается богатейшее поле историко-научных фактов и открытий, многочисленных взглядов и мнений, различных концепций и теорий.

И на Востоке, и в древней Элладe первые фазы в развитии научного знания тесно переплетались с мифологией и философией. Сильнейшее воздействие на процесс научного познания оказывали философские идеи, борьба линии Демокрита и линии Платона, проходящая через всю историю развития философского и общенаучного знания. Поэтому не случаен в наши дни интерес

к философским и научным идеям выдающихся греческих мыслителей — Фалеса, Гераклита, Парменида, Анаксагора, Демокрита, Эпикура, Платона, Аристотеля.

Многие ученые современности обращаются к идеям древнегреческих мыслителей для объяснения сложных процессов развития науки. Достаточно назвать В. Гейзенберга, в течение многих лет стремившегося связать развитие физики с воззрениями сначала Демокрита и Левкиппа, а потом со взглядами пифагорейцев и Платона. Характерно далее, что Г. Рейхенбах сравнивает «четырёхмерное бытие» Парменида с четырёхмерным пространственно-временным континуумом Эйнштейна — Минковского. Из современных буржуазных философов назовем Б. Рассела, оценивающего, например, воззрения Гераклита как «мистические». В отличие от подобных воззрений советские ученые исследуют важнейшие проблемы возникновения и развития мировой научной и философской мысли с позиций философии диалектического материализма.

Редакция намерена поместить несколько статей, в которых будут обсуждены проблемы происхождения науки. Первая среди них — статья П. П. Гайденко о возникновении и развитии научных представлений у древних греков.

В последнее время в связи с углубленным изучением тех поворотов в развитии науки, которые обычно называют научными революциями, нередко можно встретить с утверждением, что наука, какой мы ее видим сегодня, в сущности, берет свое начало на заре нового времени, в XVI — первой половине XVII вв. Что же касается тех форм знания, которые принято называть античной и средневековой наукой, то они настолько

радикально отличны от науки нового времени, что тут вряд ли можно говорить даже о преемственности.

Не вдаваясь в подробное рассмотрение этого вопроса, достаточно сложно и требующего специального анализа, мы должны, однако, отметить один важный аргумент, говорящий против вышеприведенной точки зрения. Даже если допустить, что изменение научных методов исследования в XVI—XVII вв. было столь



Пиамы Павловны Гайденко, кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Автор работ в области истории философии и науки.

радикальным, что породило совершенно новую науку, то невозможно отрицать, что становление новой физики происходило на базе той математики, которая возникла в древности. Ибо «Начала» Евклида и математические сочинения Архимеда не только не были отброшены учеными XVII в., но, напротив, признавались тем фундаментом, на котором возводится здание новой науки.

Здесь, однако, может возникнуть вопрос: почему, желая исследовать, когда и как возникла математика как наука, мы обращаемся к древнегреческим мыслителям, в то время как уже до греков, в Вавилоне и Египте, существовала математика, а стало быть, здесь и следует искать ее истоки?

Действительно, математика возникла задолго до греков — в Древнем Египте и Вавилонии. Но особенностью древнеегипетской и вавилонской математики было отсутствие в ней систематичности, связи друг с другом отдельных положений, — одним словом, отсутствие системы доказательств¹, которая впервые появляется именно у греков. «Большое различие между греческой и древневосточной наукой, — пишет венгерский историк науки А. Сабо, — состоит именно в том, что греческая математика представляет собой систему знаний, искусно построенную с помощью дедуктивного метода, в то время как древневосточные тексты математического содержания — только интересные инструкции, так сказать, рецепты и зачастую примеры того, как надо решать определенную задачу»². Древневосточная

математика представляет собой совокупность определенных правил вычисления; то обстоятельство, что древние египтяне и вавилоняне могли осуществлять весьма сложные вычислительные операции, ничего не меняет в общем характере их математики.

Эти характерные особенности древневосточной математики объясняются тем, что она носила практически прикладной характер: с помощью арифметики египетские писцы решали задачи о расчете заработной платы, о хлебе или пиве и т. д.³, а с помощью геометрии вычисляли площади или объемы. «...В обоих случаях вычислитель должен был знать правила, по которым следовало производить вычисление. Но что касается систематического вывода правил для этих расчетов, то о них нет речи, да и не может идти, ибо часто (как, например, при определении площади круга) употребляются только приближенные формулы»⁴.

В Греции мы наблюдаем появление того, что можно назвать теоретической системой математики: греки впервые стали строго выводить одни математические положения из других.

Надо отметить, что в Древней Греции так же, как и в Вавилоне и Египте, разрабатывалась техника вычислений, без которой невозможно было решать практические задачи строительства, военного дела, торговли, мореходства и т. д. Но важно иметь в виду, что сами греки называли приемы вычислительной арифметики и алгебры логистикой *λογιστική* — счетное искусство, техника счисления) и отличали логику как искусство вычисления от теоретиче-

¹ Это не значит, разумеется, что в древневосточной математике отсутствовали отдельные элементы, начатки доказательства; но единой системы доказательств у них не было.

² Szabó Á. Anfänge der griechischen Mathematik. München — Wien, 1969, S. 245.

³ Варден Б. Л. ван дер. Пробуждающаяся наука. Математика Древнего Египта, Вавилона и Греции. М., 1959, с. 41.

⁴ Там же, с. 42.

ской математики. Правила вычислений, стало быть, разрабатывались в Греции точно так же, как и на Востоке, и, конечно, греки при этом могли заимствовать очень многое как у египтян, так и в особенности в малоазийских государствах. Математические знания Египта, Вавилона и Греции, использовавшиеся для решения практических задач, явились одновременно реальным фундаментом для последующего осмысления математики как системной теории.

Становление математики как системной теории, какой мы ее находим в евклидовых «Началах», представляло собой длительный процесс: от первых греческих математиков (конец VI в. до н. э.) до III в. до н. э., когда были написаны «Начала», прошло около трехсот лет бурного развития греческой науки. Однако уже у ранних пифагорейцев⁵, т. е. на первых этапах становления греческой математики, мы можем обнаружить особенности, принципиально отличающие греческую математику от древневосточной.

Прежде всего такой особенностью является новое понимание смысла и цели математического знания, иное понимание числа: с помощью числа пифагорейцы не просто решают практические задачи, а хотят объяснить природу всего сущего. Они стремятся поэтому постигнуть сущность чисел и, главное, числовых отношений. По существу, именно пифагорейцы впервые пришли к убеждению, что «книга природы написана на языке математики», — как спустя более двух тысячелетий сформулировал эту мысль Галилей.

Если смотреть на развитие науки ис-

торически, то не будет ничего удивительного в том, что мыслители, впервые попытавшиеся не просто технически оперировать с числами (т. е. вычислять), но понять саму сущность числа и характер отношений чисел друг к другу, могли решать эту задачу первоначально только в форме объяснения всей структуры мироздания с помощью числа как первоначала. Поэтому можно сказать так: чтобы появилась математика как теоретическая система, какой мы ее обнаруживаем у Евклида, должно было сперва возникнуть учение о числе как некотором «едином» начале мира, и это учение сыграло роль посредника между древней восточной математикой как собранием образцов для решения отдельных практических задач и древнегреческой математикой как системой положений, строго связанных между собой с помощью системы доказательств.

Пифагорейцы сосредоточили внимание на том открытом ими факте, что числа могут вступать между собой в некоторые отношения и эти числовые связи и отношения выражают собой существенные закономерности природных явлений и процессов. Согласно Филолаю, «все познаваемое имеет число. Ибо без последнего невозможно ничего ни понять, ни познать»⁶. Сделанное пифагорейцами открытие было необходимым, но еще недостаточным условием для становления математической теории, как мы ее находим в «Началах» Евклида. Греческая научно-философская мысль должна была пройти еще ряд этапов, чтобы те первоначальные интуиции, которые лежали в основании пифагорейской математики, отделились в форму логически ясных понятий. Пифагорейские представления об отношении вещей и чисел первоначально были весьма неопределенными с логической и онтологической точки зрения.

Так, от Аристотеля мы получаем свидетельство, что пифагорейцы не проводили принципиального различия между числами и вещами. «Во всяком случае, — говорит Аристотель, — и у них, по-видимому, число принимается за начало и в качестве материи для вещей и в качестве выражения для их состояний и свойств...»⁷ Согласно Аристотелю, пифагорейцы не

⁵ Пифагорейская школа была основана в VI в. до н. э. Кроме самого Пифагора, основателя школы, к наиболее крупным ее представителям относятся Гиппас, Филолай, Архит Тарентский (один из крупнейших математиков IV в. до н. э.). Пифагореизм представлял собой религиозно-философское учение, важным моментом которого было понимание числа как начала всего существующего. Однако пифагорейцы занимались не только математикой, к которой в античности относили, кроме арифметики и геометрии, также астрономию, акустику и теорию музыки. Среди них были также врачи, как Алкмеон из Кротоны, ботаники, как Менестор из Сибариса, и т. д. Начиная с IV в. до н. э. пифагореизм сближается с идеалистической философией Платона. В целом это направление существовало очень долго — вплоть до эпохи Римской империи (так называемый неопифагореизм — I в. до н. э. по III в. н. э.).

⁶ Маковельский. Досократики. Ч. III. Казань, 1919, с. 34.

⁷ Аристотель. Метафизика. М.—Л., 1934, с. 27.

ставят вопроса о способе существования числа, т. е. о его онтологическом статусе, а потому у них «чувственные сущности состоят из этого числа»⁸, а это, в свою очередь, возможно лишь при условии, если числа имеют пространственную величину⁹. Если Аристотель здесь действительно адекватно воссоздает представления пифагорейцев, то в таком случае, надо полагать, они мыслили числа как некоторые «телесные единицы», и не случайно пифагореец Экфант, по сообщению Аэция, «первый объявил пифагорейские монады телесными»¹⁰.

Не вдаваясь детально в анализ пифагорейского учения о числе, пространстве, точке, фигуре и т. д., мы можем только высказать предположение, что приведенное свидетельство Аристотеля указывает скорее на то, что эти исходные понятия пифагорейской математики не были еще логически и онтологически от-refлектированы, нежели на то, что пифагорейцы — сознательно и обоснованно отождествляли числа с телесными вещами или «составляли» вещи из чисел.

Первый толчок к рефлексии по поводу основных понятий математики, по-видимому, дало открытие несоизмеримости, имевшее место, по свидетельству исторических источников, именно в пифагорейской школе¹¹. Следует однако отметить, что это открытие могло быть сделано только там и тогда, где и когда уже возникли основные контуры математики как связанной теоретической системы. Ведь только в этом случае может возникнуть удивление, что дело обстоит не так, как следовало ожидать. Не случайно открытие несоизмеримости принадлежит именно грекам, хотя задачи на извлечение квадратных корней, в том числе и $\sqrt{2}$ решались уже в древневавилонской математике и составлялись таблицы приближенных значений корней.

Но если открытие несоизмеримости стало возможным только на почве пифагорейской математики, то оно в свою очередь вызвало целый переворот в математике и заставило пересмотреть



Пифагор [571—497 гг. до н. э.]. Элиан рассказывает, что Пифагор носил восточную одежду: таким образом можно было бы объяснить турбан. Возможно, здесь представлен Ариэт Тарентский, наиболее значительный математик и теоретик музыки пифагорейской школы. Бронзовая копия с греческого оригинала. [Национальный музей, Неаполь.]

многие из представлений, которые в начале казались само собой разумеющимися. Видимо, открытие несоизмеримости привело к перестройке первого здания пифагорейской математики, так называемой «арифмогеометрии»¹², поскольку указало на то, что существуют отношения, не выражаемые числами (греки понимали под числами только целые положительные числа). В результате возникла тенденция к геометризации математики — с целью геометрически выразить отношения, не выражимые с помощью арифметического (целого) числа. Естественно, что переход от «арифмогеометрии» к геометрической алгебре сопровождался размышлением о самих основаниях математики и ставил под вопрос пер-

⁸ Там же, с. 227.

⁹ О чем и свидетельствует Аристотель: «...Единицами они приписывают пространственную величину...» (там же).

¹⁰ Маковельский И. Цит. соч., с. 62.

¹¹ Это открытие приписывали даже самому Пифагору, однако точных сведений об этом нет.

¹² Подробнее см.: Цейтен Г. Г. История математики в древности и в средние века. М.—Л., 1932, с. 40—42.



Евклид (III в. до н. э.). Миниатюра VI в. н. э. из рукописи римских землемеров (агрименсоров). Возможно, изображение восходит к греческому портрету времени самого Евклида [Вольфенбютельская областная библиотека. Брауншвейг.]

воначальное представление пифагорейцев о соотношении «вещей» и «чисел».

Второй сильный толчок к размышлению о логических основаниях научных понятий был дан открытием так называемых апорий Зенона Элейского¹³, впервые выявившего противоречия, связанные с понятиями прерывности и непрерывности (первое в истории науки открытие парадоксов бесконечности). Школа элеатов, представителем которой был Зенон, сыграла важную роль в античной науке, поскольку она внесла требование логического прояснения научных понятий, и прежде всего понятий математики, которыми ранее оперировали некритически.

Возможно ли мыслить множество, не владая при этом в противоречие? — вот один из главных вопросов, поставленных Зеноном.

Сам Зенон отвечал на этот вопрос отрицательно. Но не столько ответ Зенона, сколько его постановка вопроса сыграла важную роль в развитии научного мышления греков, вплотную подведя их к проблеме: в каком отношении между собой находятся чувственные явления и те понятия, с помощью которых мы эти явления познаем?

Серьезный шаг на пути решения этого вопроса был сделан крупнейшим греческим философом-материалистом Демокритом. Вслед за элеатами Демокрит отличает объекты, постигаемые мышлением, от тех, которые даны в чувственном восприятии; только изучая первые, мы можем познать истину (таковы, согласно учению Демокрита, атомы и пустота); что же касается того, что дано нам в чувственном восприятии, то Демокрит относит это к сфере «мнения», а не истинного знания.

Демокрит сосредоточил внимание прежде всего на самом предмете истинного знания, создав таким образом атомистическую теорию; но выявленное элеатами и закрепленное Демокритом различие «истины» и «мнения» толкало к дальнейшему исследованию познавательного процесса, переключая тем самым внимание с предмета познания на само познание.

В выяснении этой стороны дела большую роль сыграла философия Платона.

Как же решает Платон те проблемы, которые возникли в результате описанных нами выше открытий и вызванных ими затруднений?

Размышляя о том, когда и почему у людей возникает надобность в научном исследовании того или иного явления, Платон приходит к следующему выводу: если чувственное восприятие не дает нам определенного и недвусмысленного указания, что такое находящийся перед нами предмет, то возникает необходимость обратиться к мышлению. Таким путем возникает наука. Приведем это рассуждение Платона ввиду его существенного значения для нашей темы.

«Кое-что в наших восприятиях не побуждает наше мышление к дальнейшему исследованию, потому что достаточно определяется самим ощущением; но кое-что решительно требует такого исследования, поскольку ощущение не дает ничего надежного... Не побуждает к исследованию то, что не вызывает одновременно противоположного ощущения, а то,

¹³ Зенон (V в. до н. э.) принадлежал к школе элеатов и был любимым учеником главы школы — Парменида.

что вызывает такое ощущение, я считаю побуждающим к исследованию...»¹⁴ Разъясняя сказанное, Платон замечает, что «ощущение, назначенное определять жесткость, вынуждено приняться и за определение мягкости и потому извещает душу, что одна и та же вещь ощущается им и как жесткая, и как мягкая... То же самое и при ощущении легкого и тяжелого...»¹⁵ Таким образом, ощущение дает одновременно противоположные сведения. Поэтому необходимо ввести меру, с помощью которой мышление могло бы определять степень жесткости или мягкости, легкости или тяжести вещи, не прибегая уже к одному только свидетельству ощущения. Субъективный критерий должен быть заменен объективным, и здесь в дело должно вступить мышление.

Согласно Платону, переход от восприятия, ощущения к мышлению предполагает весьма серьезную операцию, которая на языке платоновской философии носит название перехода от становления к бытию. Становление, согласно Платону, это то, что неуловимо, не поддается твердой фиксации, что ускользает, меняется на глазах, предстает «то как мягкое, то как жесткое», о чем, стало быть, невозможно высказать что-либо определенное. Для того чтобы стало возможным остановить этот поток, выделить в нем нечто одно, отличить его от другого, измерить его в каком-либо отношении, необходима какая-то другая реальность, которая была бы условием возможности осуществления этих операций. Эту-то реальность Платон называет бытием. Следуя логике Платона, можно сказать, что при переходе от становления к бытию первым рождается число как средство упорядочения и удержания чего-то постоянного. Число, таким образом, есть посредник между сферами становления и бытия, оно служит связующим звеном между ними, или, как бы мы сейчас сказали, оно есть наилучший путь от восприятия и ощущения к мышлению, наилучший путь к научному познанию.

Теперь посмотрим, какова же, по Платону, природа самого этого посредника — числа.

Как ты думаешь, Главкон, если спросить их (математиков.— П. Г.): «Достоиншие люди, о каких числах вы рас-

суждаете? Не о тех ли, в которых единица действительно такова, какой вы ее считаете,— то есть всякая единица равна всякой единице, ничуть от нее не отличается и не имеет в себе никаких частей?» — как ты думаешь, что они отвечают?

— Да, по-моему, что они говорят о таких числах, которые допустимо лишь мыслить, а иначе с ними никак нельзя обращаться»¹⁶ (выделено мною.— П. Г.)

Как видим, важнейшая особенность числа — это его идеальность, в силу которой «его можно только мыслить». Как в арифметике число, так в геометрии точка, линия, плоскость и т. д. представляют собой, по Платону, идеальные образования, а не явления самой эмпирической реальности, а потому все они вводят человека в сферу, которая постигается мышлением, т. е. на языке Платона, в сферу истинного бытия. «Вот ты и видишь, мой друг,— констатирует Сократ,— что нам и в самом деле необходима эта наука, раз оказывается, что она заставляет душу пользоваться самим мышлением ради самой истины... Приходилось ли тебе наблюдать, как люди с природными способностями к счету бывают восприимчивы, можно сказать, ко всем наукам»¹⁷.

Согласно Платону, математика служит как бы подготовкой мышления к по-

¹⁴ Там же, с. 337. Еще более выразителен в этой связи следующий отрывок из Платона: «...Когда они (геометры.— П. Г.) вдобавок пользуются чертежами и делают отсюда выводы, их мысль обращена не на чертеж, а на те фигуры, подобием которых он служит. Выводы свои они делают только для четырехугольника самого по себе и его диагонали, а не для той диагонали, которую они начертили... То же самое относится к произведениям ваяния и живописи: от них может падать тень, и возможны их отражения в воде, но сами они служат лишь образным выражениям того, что можно видеть не иначе как мысленным взором (там же, с. 317—318). Разбирая эти соображения Платона в своей истории античной математики, ван дер Варден полагает, что античные математики должны были быть согласны здесь с Платоном. «И действительно,— пишет ван дер Варден,— для прямолинейных отрезков, которые можно видеть и эмпирически измерять, является бессмысленным вопрос, имеют ли они общую меру или нет: ширина волоса уложится целое число раз в любом начерченном отрезке. Вопрос о соизмеримости имеет смысл только для отрезков, создаваемых мыслью» (Варден Б. Л. ван дер. Пробуждающаяся наука. М., 1959, с. 201).

¹⁷ Там же, с. 336.

¹⁴ Платон. Соч. Т. 3, ч. 1. М., 1971, с. 332.

¹⁵ Там же, с. 333.



Демокрит (V в. до н. э.). Бронзовая копия с греческого оригинала. (Национальный музей, Неаполь.)

стижению истинного бытия, которое осуществляется с помощью науки — диалектики, стоящей выше математики. Математическое мышление находится как бы посередине между «мнением», опирающимся на чувственное восприятие, и диалектикой — высшей наукой. Платон впервые пришел к мысли, что число имеет другой онтологический статус, чем чувственные вещи: оно является идеальным образованием. Поэтому после Платона стало уже невозможным говорить о том, что вещи «состоят» из чисел: эти реалии теперь оказались размещенными как бы в разных «мирах»: мире идеальном и мире эмпирическом. Платоновский идеализм возник в результате того, что процедуру идеализации как способа образования научных (и прежде всего математических) понятий Платон смог впервые осознать, допустив существование некоторого идеального мира, мира чистых идей. Здесь мы имеем дело с одним из примеров той диалектики познания, о которой В. И. Ленин писал: «Движение познания к объекту

всегда может идти лишь диалектически: отойти, чтобы вернее попасть...»¹⁸

Как отмечает А. Сабо, понимание чисел как идеальных образований послужило логико-теоретической базой для дальнейшего развития греческой математики. «Числа, — пишет он, — являются чисто мыслительными элементами, к которым невозможно подходить иначе, как путем чистого мышления. Следовательно, можно видеть, что та греческая математика, которая у Евклида стремилась избегать в своих доказательствах только наглядного (*anschauliche*) и видимого, тоже хотела понимать свой предмет как такой, который полностью лежит в сфере чистого мышления. Именно эта тенденция науки сделала возможным прекраснейшие евклидовы доказательства...»¹⁹.

Это утверждение Сабо представляется вполне справедливым по отношению к VII книге Евклида, посвященной арифметике; что же касается тех книг «Начал», где рассматривается геометрическая алгебра, т. е. где Евклид имеет дело не с числами, а с геометрическими объектами, то по отношению к ним дело обстоит несколько сложнее.

Обратимся еще раз к свидетельству Аристотеля. Касаясь платоновского обоснования математики, Аристотель высказывает два разных и, на первый взгляд, трудно совместимых утверждения: во-первых, он подчеркивает, что числа у Платона суть идеи (т. е. принадлежат к сфере идеального бытия); а во-вторых, он неоднократно заявляет, что предмет математических наук составляют некоторые «промежуточные вещи»²⁰, находящиеся как бы между сферами идеального и эмпирического бытия.

С другой стороны, как мы помним, и сам Платон помещает математику посередине — между «мнением», имеющим свой источник в чувственном восприятии, и высшей формой знания — философией, или диалектикой.

Но, может быть, никакого противоречия не будет в сообщении Аристотеля, если предположить, что Платон и его последователи вовсе не отождествляли понятие числа и «математического объекта»? Но тогда — что же такое «математические

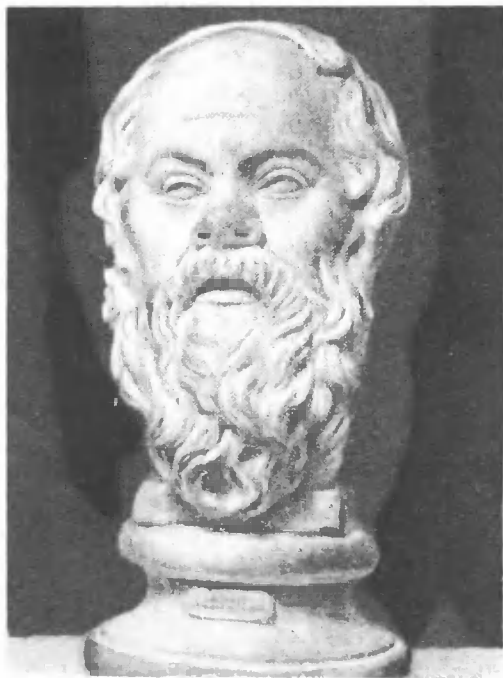
¹⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29, с. 252.

¹⁹ Szabó Á. Anfänge der griechischen Mathematik, S. 256—257.

²⁰ Аристотель. Цит. соч., с. 47.

объекты», или, иначе говоря, «промежуточные вещи»? Тот же Аристотель дает некоторое указание, в каком направлении следует искать ответ на этот вопрос. «Что же касается тех,— говорит он, имея в виду Платона и его учеников,— кто принимает идеи... они образуют геометрические величины из материи и числа (из двойки — линии, из тройки — можно сказать — плоскости, из четверки — твердые тела...)»²¹. Легко видеть, что здесь выявляется разный способ бытия чисел и геометрических величин: последние образуются, по Платону, из числа (которые суть идеальные образования) плюс некоторая материя,— вот почему они и могут быть квалифицированы как промежуточные вещи. Арифметика, стало быть, оперирует с числами, а геометрия — с линиями, плоскостями, объемами, из которых она конструирует фигуры (окружности, треугольники, четырехугольники, шары, кубы) и их элементы (радиусы, углы, диагонали и пр.). Не случайно Платон ставит арифметику по логико-онтологическому рангу выше геометрии: число, которое она изучает, элементарнее и в этом смысле «чище», идеальнее, чем «промежуточные» объекты геометрии.

Но тут снова возникает вопрос: если объекты геометрии образуются из числа и материи, то чем же они в таком случае отличаются от обычных эмпирических вещей, которые, по Платону, ведь тоже обязаны своим существованием тому, что «материя» приобщается к идеям? А в то же время, как мы видели, Платон весьма определенно отличает четырехугольник как объект изучения математика и его чувственное воплощение — чертеж, говоря, что математики делают свои выводы только для четырехугольника самого по себе и его диагонали, а не для той диагонали, которую они нарисовали. Точно так же и те эмпирические вещи, которые имеют форму шара или куба, Платон считает лишь чувственными подобиями некоторого идеального шара или куба. Снова вроде бы получается какая-то неувязка: преодолев одно затруднение, выяснив, что числа и геометрические объекты имеют у Платона разный онтологический статус (числа — идеальные образования, а линии, углы, фигуры — «промежуточные»), мы попадаем в новое затруднение: чем же тогда «про-



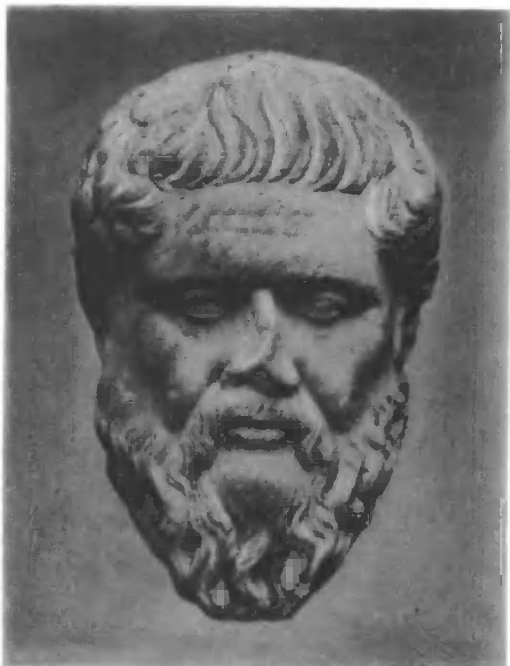
Сократ (469—399 гг. до н. э.). Копия с бронзового оригинала. (Британский музей.)

межуточные вещи» отличаются от просто чувственных вещей?

Вопрос упирается в понятие «материи», которая, соединившись с числами, дает геометрические величины. Что это за «материя»? И как она может соединиться с числами? Есть ли на этот счет какие-либо разъяснения у Платона?

В позднем диалоге Платона «Тимей» есть очень интересное рассуждение, проливающее свет на интересующий нас вопрос: «...Приходится признать, во-первых, что есть тождественная идея, нерожденная и негибнущая, ничего не воспринимающая в себя откуда бы то ни было и сама ни во что не входящая, незримая и никак иначе не ощущаемая, но отданная на попечение мысли. Во-вторых, есть нечто подобное этой идее и носящее то же имя — осязаемое, рожденное, вечно движущееся, возникающее в некотором месте и вновь из него исчезающее, и оно воспринимается посредством мнения, соединенного с ощущением. В-третьих, есть еще один род, а именно простран-

²¹ Там же, с. 246.



Платон [428 или 427—348 или 347 гг. до н. э.]. Римская мраморная копия.

ство: оно вечно, не приемлет разрушения, дарует обитель всему рождающемуся, но само воспринимается вне ощущения, посредством некоего незаконного умозаключения и поверить в него почти невозможно»²².

О первых двух родах существующего мы уже знаем: это, с одной стороны, идеальное бытие (идея), постигаемое только мыслью, а с другой, мир чувственных вещей, воспринимаемых ощущением. Третий же род — пространство — Платон помещает как бы между этими мирами: оно имеет признаки как первого, так и второго, а именно: подобно идеям, пространство вечно, неизменно, и постигается оно нами не через ощущение. Но сходство его со сферой чувственного в том, что оно постигается все же и не с помощью мышления. Та способность, с помощью которой мы воспринимаем пространство, квалифицируется Платоном

весьма неопределенно — как «незаконное умозаключение». Интересно, что Платон сравнивает видение пространства с видением во сне. «Мы видим его (пространство. — П. Г.) как бы в грезах и утверждаем, будто этому бытию²³ непременно должно быть где-то, в каком-то месте и занимать какое-то пространство, а то, что не находится ни на земле, ни на небесах, будто бы и не существует»²⁴.

Сравнение «незаконнорожденного» постижения пространства с видением во сне весьма важно для Платона, потому что он не однажды употребляет это сравнение. В диалоге «Государство», говоря о геометрии и ее объектах, Платон вновь пользуется этим сравнением: «Что касается остальных наук, которые, как мы говорили, пытаются постичь хоть что-нибудь из бытия (речь идет о геометрии и тех науках, которые следуют за ней. — П. Г.), то им всего лишь снится бытие, а наяву им невозможно его увидеть, пока они, пользуясь своими предположениями, будут сохранять их незыблемыми и не отдавать в них отчета. У кого началом служит то, чего он не знает, а заключение и середина состоят из того, что нельзя сплести воедино, может ли подобного рода несогласованность когда-либо стать знанием?»²⁵.

Пространство мы видим как бы во сне, мы его как бы и видим и в то же время не можем постигнуть в понятиях, — и вот оно-то, по мнению Платона, служит началом («материей») для геометров. Значит, их начало таково, что они его не знают в строгом смысле слова.

Итак, Платон рассматривает пространство как предпосылку существования

²³ Здесь возникает неясность в переводе, поскольку выражение «этому бытию» читатель, естественно, относит к пространству, — ведь о нем сейчас ведет речь Платон. И получается, что пространству надо быть где-то, в каком-то месте и занимать какое-то пространство, а в оригинале говорится: «Мы видим его (пространство) как бы во сне и утверждаем, что всякому бытию (то оу адду — П. Г.) необходимо где-то находиться, быть в каком-то месте и занимать какое-то пространство, а то, что находится ни на земле, ни на небе, как бы нигде не существует». Пространство описывается Платоном как вмещалище всего сущего; всякому сущему надо где-нибудь находиться, и то, где оно находится, и называется пространством.

²⁴ Платон. Цит. соч., с. 493—494.

²⁵ Там же, с. 344—345.

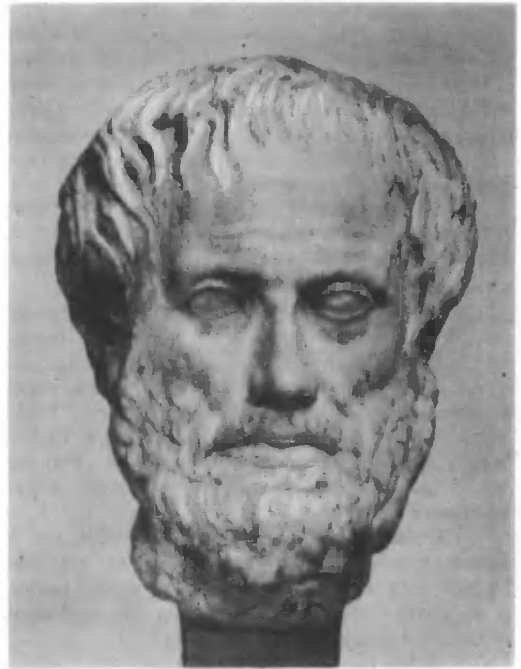
²² Платон. Цит. соч., с. 493.

геометрических объектов, как то «начало», которого сами геометры «не знают» и потому должны постулировать его свойства в качестве недоказуемых первых положений своей науки.

Именно пространство и есть «материя», путем соединения которой с числами образуются, по Платону, геометрические объекты. Однако сама эта «материя» — особого рода; не случайно Платон помещает пространство посредине — между чувственными вещами и чисто логическими, идеальными образованиями. Впоследствии в неоплатонизме возникает понятие, хорошо передающее этот «промежуточный» характер пространства: одно было названо «умной (или умопостигаемой — в отличие от чувственной) материей». А ту способность, с помощью которой постигается этот род бытия и которую Платон назвал «незаконным умозаключением» (может быть, лучше было бы сказать — незаконным умозрением), неоплатоник Прокл в своем «Комментарии к «Началам» Евклида» именуется воображением, фантазией (η φαντασία). Воображение — это и не логическое мышление, и не чувственное восприятие, хотя оно имеет общие черты и с первым, и со вторым (что и зафиксировал Платон).

Геометрические объекты, следовательно, тоже рассматриваются Платоном и его последователями как некоторые «гибриды»: в них чисто идеальное (число, числовое отношение) оказывается «сращенным» с «умопостигаемой материей» — пространством. «Движение» точки, с помощью которой образуется линия (ибо и сама точка как то, что «не имеет частей», не есть эмпирический объект), происходит, согласно Платону, не в чувственном мире, а как бы в некоторой идеализованной чувственности — в воображении. Вот что замечает по этому поводу Прокл, комментируя содержание первого постулата «Начал»: «Возможность провести прямую из любой точки в любую точку вытекает из того, что линия есть течение точки, и прямая — равнонаправленное и не отклоняющееся течение»²⁶.

Первый постулат Евклида, согласно этой интерпретации, есть простейший акт представления того, как движется точка. Но если не нужно больших усилий, чтобы



Аристотель (384—322 гг. до н. э.). Мраморная копия I в. н. э. со статуи, выполненной во время жизни философа (около 325 г. до н. э.).

представить себе, как движется точка, то нужно большое усилие, чтобы понять, где же, в какой стихии эта точка движется и что такое сама она. Может быть, это шарик, катящийся по столу? Или мел, который движется по доске? Но они — не точки, а чувственные вещи.

Может быть, точка — это чисто мысленное образование — идея? Но идея не может двигаться, она непричастна чувственному миру, где происходит движение и изменение. Что же такое точка и где то «место», в каком она движется? Прокл так отвечает на этот вопрос: «Но если бы у кого-нибудь возникли затруднения относительно того, как мы вносим движение в неподвижный геометрический мир и как мы движем то, что не имеет частей, а именно точку, ибо это ведь совершенно невозможно мыслить, то мы попросим его не слишком огорчаться... Мы должны представлять движение не телесно, а в воображении...»²⁷. И в полном соответствии с утверждением Платона, что чертежи на

²⁶ Цит. по кн.: Szabó A. Die Anfänge der griechischen Mathematik, S. 374.

²⁷ Там же.

песке представляют собой только чувственные подобию геометрических фигур, Прокл говорит, что телесное движение, с помощью которого создаются эти чертежи, есть лишь чувственный аналог движения идеальной точки по идеальной «доске» — пространству, т. е. аналог воображаемого движения.

Подводя итог нашему анализу платоновского обоснования математики и науки вообще, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, Платон считает математику образцом науки как таковой; правда, она уступает высшему знанию, которое Платон называет диалектикой; это выражается, в частности, в том, что математика нуждается в некоторых предпосылках — допущениях, которые ею самой принимаются, но внутри нее доказанными быть не могут.

Во-вторых, математика оперирует с идеальными объектами, или, как мы сегодня сказали бы, создает идеализации, и в этом — основа строгости ее выводов и определенности ее понятий.

В-третьих, математические науки имеют дело с идеализациями, так сказать, разной степени строгости и логической чистоты: арифметика — с числами, образованиями идеальными (логическими), геометрия — с пространственными фигурами, образованиями промежуточными, для конструирования которых приходится как бы придавать идеям-числам пространственный облик, что и выполняет особая способность — воображение.

Таким образом, Платон вслед за пифагорейцами считает математику фундаментом всякого знания о природе, — идея, которую с такой энергией не только провозгласило, но, в отличие от античной науки, и реализовало естествознание нового времени. Правда, эта идея осмыслялась самим Платоном в рамках его идеалистической философии: впервые открывавшаяся Платону мысль, что математика оперирует идеализированными объектами, будучи гипертрофированной, привела к созданию учения о мире идей, существующем якобы самостоятельно и независимо от эмпирического мира.

К идеализму Платона в полной мере применимы слова В. И. Ленина: «Философский идеализм есть только чепуха с точки зрения материализма грубого, простого, метафизического. Наоборот с точки зрения диалектического материализма философский идеализм есть одно-стороннее, преувеличенное... развитие

(раздувание, распухание) одной из черточек, сторон, граней познания в абсолют, оторванный от материи, от природы, обожествленный»²⁸. Идеалистическая философия Платона возникла в результате стремления ее творца дать решение отнюдь не мнимых, не надуманных, а вполне реальных теоретико-познавательных проблем.

Может возникнуть еще один вопрос: почему, обращаясь к истории античной науки, мы так подробно остановились на проблемах философского обоснования науки, как его давали пифагорейцы, Зенон, Демокрит и, наконец, Платон? Нам думается, что такого рода анализ вполне правомерен, поскольку в Древней Греции наука развивалась в теснейшей связи с философией, она, по справедливому замечанию Ф. Энгельса, еще не отделилась от философии и не приобрела такой самостоятельности, как в новое время. Поэтому собственно математические исследования и их логико-теоретическое обоснование были в то время глубоко связаны между собой.

Более того, именно философская рефлексия об основных понятиях античной науки, прежде всего математики, таких как число, геометрическая фигура, пространство и т. д., существенно содействовала превращению научного мышления в систематическое, содействовала возникновению единой связанной системы доказательств, которой отличается теоретическое знание. Образцом последнего не только для древнегреческой, но и для новой науки были «Начала» Евклида.

²⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29, с. 322.

Рациональное использование геологической среды

Е. М. Сергеев



Евгений Михайлович Сергеев, член-корреспондент АН СССР, профессор, доктор геолого-минералогических наук, первый проректор Московского государственного университета, заведует кафедрой грунтоведения и инженерной геологии геологического факультета Московского государственного университета. Автор многочисленных работ в области грунтоведения, инженерной геологии, гидрогеологии и в том числе книги: Грунтоведение. М., 1973.

ЧЕЛОВЕК СТАНОВИТСЯ КРУПНЕЙШЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИЛОЙ

29 декабря 1910 г. В. И. Вернадский произнес речь на общем собрании Российской Академии наук. Он говорил: «Теперь перед нами открываются в явлениях радиоактивности источники атомной энергии, в миллионы раз превышающие все источники силы, какие рисовались человеческому воображению... Человечество вступает в новый век лучистой атомной энергии»¹.

Какое блестящее научное предвидение!

Я напоминаю этот исторический факт в связи с тем, что в одной из последних работ В. И. Вернадский сформулировал положение о роли человека в развитии поверхностной части земной коры, по своему значению и научному предвидению сравнимое с его же прогнозами об атомной энергии: «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраи-

вать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед нами открываются все более и более широкие творческие возможности... Меняется лик Земли, исчезает девственная природа»².

Думаю, что в 1944 г. мало кто из геологов обратил внимание на замечательные слова В. И. Вернадского: «Человек становится крупнейшей геологической силой», подобно тому, как в 1910 г. лишь отдельные ученые могли оценить всю значимость его заявления о том, что «человечество вступает в новый век лучистой атомной энергии». Прошло немногим больше 30 лет с 1910 г., и все поняли, что значит для человечества атомная энергия. Прошло немногим больше 30 лет с 1944 г., и теперь ни у кого не может быть сомнения в том, что человек стал крупнейшей геологической силой.

Деятельность людей, связанная с горными и строительными работами, приводит к перемещению горных пород объемом не менее 1 км³ в год, что соизмеримо с денудационной работой рек.

¹ Вернадский В. И.— «Изв. Имп. академии наук», 1911, IV, сер. № 1, с. 32.

² Вернадский В. И.— «Успехи современной биологии», 1944, т. 18, вып. 2, с. 118.



Оползень объемом около 250 млн м³ перекрыл долину р. Карасу [Киргизия].

Фото Б. М. Фаминцына и В. С. Федоренко

Гидротехническое и ирригационное строительство захватывает территории в десятки и даже сотни тысяч квадратных километров. Площадь орошаемых земель к концу нашего века во всем мире, по-видимому, достигает 200 млн га.

Однако надо помнить о неблагоприятных последствиях технической деятельности. Когда орошение и создание водохранилищ проводится недостаточно продуманно, происходит засоление почв,



заблачивание значительных территорий, интенсивное развитие оползней, обвалов и других процессов по берегам водохранилищ.

На водохранилище Гуантин, построенном в лёссовых породах сравнительно недалеко от Пекина, мне пришлось наблюдать в 1958 г., как огромные массы лёсса, слагавшие берега, с грохотом обрушивались в воду даже в безветренную погоду. Разрушение бере-

гов водохранилища происходило только потому, что терялась устойчивость крутых склонов вследствие быстрого размокания лёссов.

О масштабах подобных явлений можно судить хотя бы по тому, что протяженность берегов водохранилищ, построенных человеком, к 1970 г. достигла 35 тыс. км. Можно думать, что сейчас общая длина берегов искусственных водоемов приближается к величине земного экватора.

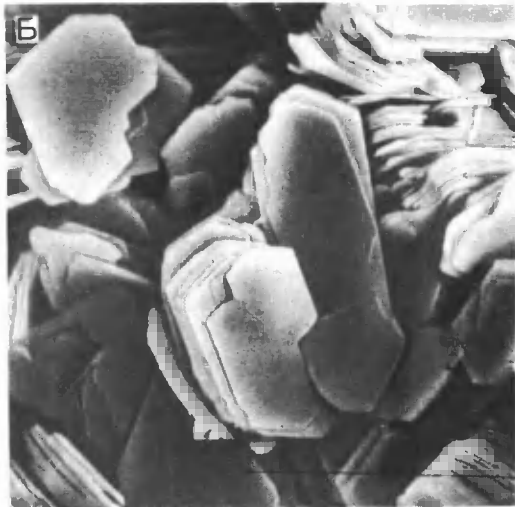
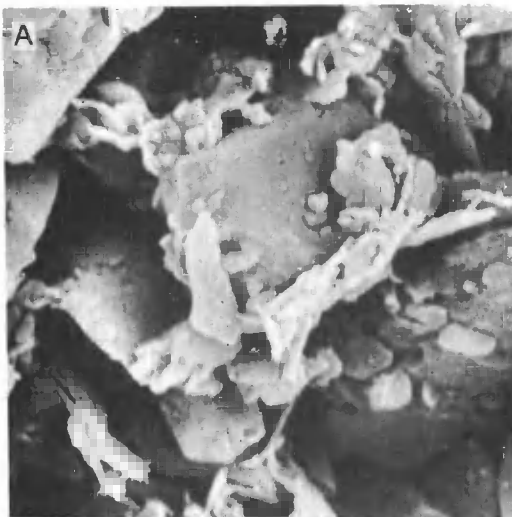
Это примеры глобального воздействия человека на геологическую среду.

Еще в большей степени вырисовывается огромное значение деятельности человека в преобразовании поверхности Земли, если рассматривать ее применительно к отдельным регионам, важным в народнохозяйственном отношении.

В районе Курской магнитной аномалии созданы крупнейшие карьеры для добычи железных руд открытым способом (Михайловский, Лебединский). При подготовке только этих двух карьеров к эксплуатации было снято более 170 млн. м³ пород, перекрывающих железные руды. Из огромнейших котлованов площадью в несколько квадратных километров и глубиной более 100 м производилось ежедневное откачивание 120 тыс. м³ воды. Это привело к понижению уровня подземных вод во всем прилегающем районе.

В настоящее время через каждые 15 лет удваивается площадь земли, выделяемая под застройки. Сегодня под городскими и сельскими строениями, различными коммуникациями, горными разработками и водохранилищами занято 4% суши, а к 2000 г., по подсчетам А. М. Рябчикова, эта площадь будет занимать около 15% суши. Среди различных видов застройки особая роль принадлежит городам. В начале XIX в. городское население планеты составляло всего 2%; к концу XX в. будет составлять, как предполагается, 60%. Отсюда вся важность изучения территории городов в самых разных аспектах и в том числе в геологическом.

Город — это сравнительно небольшая территория, где воздействие человека на поверхностную часть земной коры происходит наиболее интенсивно и разнообразно. Строительство многоэтажных зданий создает на горные породы значительные дополнительные нагрузки, достигающие 20 кг/см². Поэтому неудивительно, что в отдельных случаях сооружения опускаются на глубину до 6 м.



Дисперсные осадочные породы под сканирующим электронным микроскопом: А — тиксотропная илдиевая глина, при разжижении дающая оползни, потоки [увел. в 15 тыс. раз]; Б — каолиновая глина, состоящая из микроблоков, не обладающая тиксотропными свойствами [увел. в 7,5 тыс. раз]; В — диатомит, состоящий из остатков кремнистых организмов [увел. в 730 раз]; Г — опока — перекристаллизованные остатки кремниевых организмов [увел. в 11,2 тыс. раз].

Застройка территории нарушает обмен между атмосферой и литосферой, что ведет к увеличению естественной влажности горных пород. Разветвленные сети водопроводных и канализационных труб, даже при самой тщательной их эксплуатации, дают утечку воды и тем самым еще больше повышают влажность горных пород, что обычно сопровождается значительным подъемом уровня грунтовых вод. Например, в г. Запорожье уровень грунтовых вод поднялся так высоко, что это вызвало в городе деформацию зданий, так как они были построены на лёссах, которые при смачивании сильно уплотняются или, как говорят, дают просадку.

Могут быть и другие случаи, когда подъем уровня подземных вод на территории города вызывает деформацию зданий не в результате их осадки, а, наоборот, выпучивания, что связано с набуханием грунтов. Такой вид деформации наблюдается в Омске у зданий, построен-

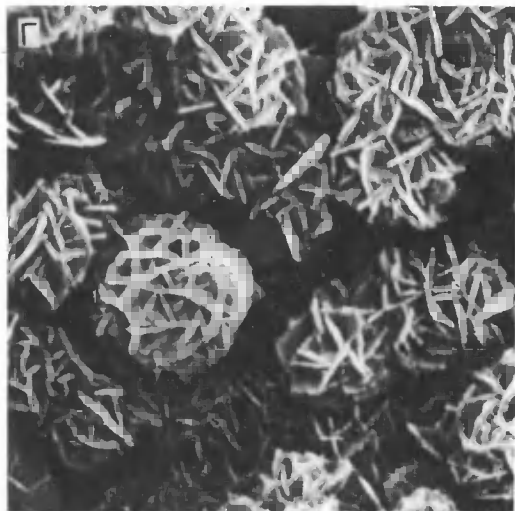
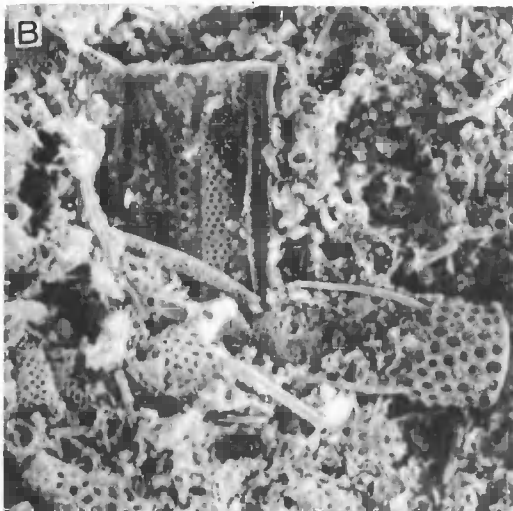
ных на неогеновых глинах, величина набухания которых большая, а давление набухания превышает давление, создаваемое зданиями.

Интенсивная откачка подземных вод для целей водоснабжения способствует возникновению почти во всех крупных городах больших депрессионных воронок. Сознательное и произвольное создание культурного слоя, мощность которого достигает иногда первых десятков метров (например, в Москве — 22 м, Лондоне — 25 м, Париже — 20 м и т. д.) тоже резко отличает территорию города от любой другой территории.

Таким образом, возьмем ли мы деятельность человека в глобальном масштабе, будем ли мы ее рассматривать применительно к регионам, имеющим большое народнохозяйственное значение, или к таким небольшим территориям, как города, мы приходим к одному и тому же выводу: В. И. Вернадский был прав, человек стал крупнейшей геологической силой, под влиянием которой интенсивно изменяется поверхностная часть земной коры.

УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В поверхностной части земной коры независимо от человека протекали и протекают геологические процессы, получившие название «экзогенных», роль которых очень велика в жизни нашей Земли. А. В. Сидоренко пишет: «...Нельзя забывать и огромного значения тех геологи-



ческих процессов, которые протекают непосредственно на поверхности и в приповерхностной части Земли. Проблема изучения этих процессов, особенно учитывая вмешательство в них человека, имеет не меньшее значение, чем проблема освоения космоса, «околоземного пространства или глубоких недр Земли»³.

Огромный вред могут наносить экогенные процессы, имеющие катастрофический характер. Многие специалисты считают, что ежегодные убытки от подобных геологических процессов, протекающих на поверхности Земли, составляют десятки миллиардов рублей.

Известно, что Скандинавский п-ов представляет область весьма интенсивного современного поднятия, причем подъем территории здесь за последние 25 тыс. лет превысил 200 м. Норвежцы ищут затонувшие тысячу лет назад корабли викингов не на дне океана, а на суше, высоко над современным морским уровнем.

Морская прибрежная полоса в ряде мест Скандинавии сложена молодыми, слабоуплотненными и в то же время сильноувлажненными тиксотропными, т. е. расплывающимися под механическим воздействием, морскими глинами. Достаточно небольших сотрясений, чтобы глина перешла в разжиженное состояние и, если она залегает на склоне, превратилась в оползневый поток.

В 1959 г. в окрестностях Осло дом с хозяйственными постройками был раз-

рушен, а сельскохозяйственные угодья пришли в негодность на всем протяжении движения оползня (более 1 км). И все это произошло потому, что хозяева и гости устроили дома танцы.

Бессистемная вырубка лесов в Карпатах привела к возникновению селей и оползней там, где их раньше не было. Беспорядочные отвалы отработанной пустой породы в речные горные долины такими горными комбинатами, как Садонский (Северная Осетия) и Тырнаузский (Кабардино-Балкария) привели к формированию искусственных селей.

В последние годы расширяется и улучшается организация и координация научно-исследовательских, экспериментальных и проектных работ в области изучения селей, снежных лавин и оползней, разрабатываются способы их прогноза и средства защиты от них.

Вмешательство человека может усилить вредное действие геологических процессов и, наоборот, приостановить их. В социалистическом обществе охрана природы во много раз может быть легче осуществлена, чем в капиталистическом. Вопросы охраны природы в условиях научно-технического прогресса — это проблема, которой наша партия уделяет большое внимание.

Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев на XXV съезде КПСС говорил: «...использовать природу можно по-разному. Можно — и история человечества знает тому немало примеров — оставлять за собой бесплодные, безжизненные, враждебные человеку пространства. Но можно и нужно, товарищи, обла-

³ Сидоренко А. В. Человек, техника, земля. М., 1967, с. 7.

гораживать природу, помогать природе полнее раскрывать ее жизненные силы»⁴.

Чтобы проводить линию партии в отношении охраны природы, научные, плановые, проектные и хозяйственные организации должны в значительно большей степени, чем это делается сейчас, изучать земную кору как среду обитания и деятельности человека.

В литературе и периодической печати немало пишут об охране животных и растительности (биосферы) и природных вод, о загрязнении воздуха и необ-

ходимости охраны атмосферы. При этом мало уделяется внимания охране поверхностной части земной коры. Такая недооценка этого вопроса неправильна. Изменения, которые могут произойти под влиянием деятельности человека в литосфере, могут решающим образом влиять на всю природную обстановку.

Примером может служить Западная Сибирь, которая была отнесена на XXV съезде КПСС к районам страны, где будут создаваться крупные территориально-производственные комплексы. В ее



Схема инженерно-геологического районирования Западной Сибири, составленная Е. М. Сергеевым, С. Б. Ершовой [1974 г.]. Масштаб 1:10 000 000. 1 — область преимущественного развития морских четвертичных отложений; 2 — область пре-

имущественного развития ледниковых четвертичных отложений; 3 — область преимущественного развития озерно-аллювиальных отложений; 4 — область преимущественного развития континентальных мезо-кайнозойских отложений; 5 — область преимущественного развития верхне-четвертичных и современных аллювиальных отложений (крупные речные долины).

⁴ Материалы XXV съезда КПСС, М., 1976, с. 53.

пределах уже к настоящему времени открыто более 100 нефтяных, газово-нефтяных и газовых месторождений. Добыча нефти в 1975 г. составила около 150 млн т, газа — 35 млрд м³.

При такой интенсивной добыче нефти и газа должно произойти проседание поверхности. Величина проседания оценивается от 20 до 1500 см⁵. Если окажется верным прогноз, предусматривающий опускание поверхности на значительную величину, это неминуемо скажется в региональном плане на гидросфере и биосфере. Речь идет не о простом загрязнении природной среды промышленными или другими отходами, а о более сложном процессе, о коренном изменении ее на большой территории под влиянием тех изменений, которые могут произойти в литосфере в связи с деятельностью человека.

Если опускание поверхности на территории Западной Сибири в результате добычи нефти и газа произойдет всего на несколько десятков сантиметров, то и это заслуживает внимания. С. Б. Ершова⁶ подсчитала, что скорость поднятия Западно-Сибирской плиты в голоцене очень интенсивна: по данным нивелировок, проведенных в ее южной части, эта скорость составляет 10,4—11,5 мм/год. Значит, к концу XX в. вся Западно-Сибирская плита поднимется на такую же высоту, на какую произойдет опускание поверхности в районах добычи нефти и газа, а это явление не может не сказаться на всех природных условиях, при рассмотрении их в региональном плане.

Следовательно, нужно говорить о геологических основах преобразования природы, об охране и рациональном использовании геологической среды.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ — НАУКА О НООСФЕРЕ

Какая из геологических дисциплин должна взять на себя ответственность за рациональное использование геологической среды, превратиться в науку о ноосфере? Больше всего к этому подготовлена инженерная геология.

Инженерная геология, возникшая в

20-х годах нашего столетия, сейчас превратилась в комплекс дисциплин, изучающих поверхностную часть земной коры в инженерных целях (в связи со строительством, добычей полезных ископаемых, созданием искусственных нефте-, газо- и водохранилищ, захоронением промышленных отходов и т. п.).

Инженерная геология объединяет: региональную инженерную геологию, инженерную геодинамику и грунтоведение.

Региональная инженерная геология изучает инженерно-геологические условия, под которыми понимаются: особенности геологического строения, геологические процессы, горные породы, подземные воды и рельеф. Без знания инженерно-геологических условий и закономерностей их изменения невозможно рациональное использование геологической среды; выбор наиболее оптимальных вариантов трасс при строительстве линейных сооружений (дорог, каналов, трубопроводов, линий электропередач) и выбор наиболее оптимальных мест при строительстве других сооружений.

При инженерно-геологическом районировании выделяют регионы, области, районы, участки, имеющие разные инженерно-геологические условия. Все эти таксономические единицы должны выделяться на основе анализа истории геологического развития изучаемой территории.

Примером в этом отношении может служить схема инженерно-геологического районирования Западной Сибири.

На территории Западно-Сибирской плиты в позднелигоцен-раннечетвертичное время (1,5 млн лет назад) возникла большая область прогибания в южной и центральной части плиты, являвшейся областью аккумуляции континентальных осадков (преимущественно озерно-аллювиальных, озерных и аллювиальных). Прогибание шло вплоть до среднечетвертичного времени. В результате этого возникли две инженерно-геологические области первого порядка: область денудационных равнин, сложенных преимущественно дочетвертичными образованиями, и область аккумулятивных и денудационно-аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно озерно-аллювиальными верхнелигоцен-нижнечетвертичными отложениями.

В ранне-среднечетвертичное время (800 тыс. лет назад) произошло перестройка структурно-тектонического плана Западно-Сибирской плиты. Южная часть

⁵ Резник А. Д., Ставицкий В. П. — «Нефть и газ Тюмени», 1969, вып. 3.

⁶ Ершова С. Б. Анализ новейших движений при инженерно-геологическом районировании. М., 1976.

плиты приобрела устойчивое поднятие, а северная испытывала погружение. Это привело к трансгрессии моря на севере. Морской бассейн существовал до широты Сибирских Увалов.

Морская трансгрессия совпала с материковыми оледенениями: Самаровским (200 тыс. лет назад) и Тазовским (100 тыс. лет назад).

Ледники, спускавшиеся с Урала и двигавшиеся с северо-востока, частично спускались в морской бассейн, частично перекрыли сушу и оставили после себя морену и водно-ледниковые отложения. В результате образовалась область денудационно-аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно ледниковыми и водно-ледниковыми среднечетвертичными отложениями.

В позднечетвертичное время (65 тыс. лет назад) произошло поднятие всей Западно-Сибирской плиты, в результате чего на дневную поверхность на севере были выведены морские отложения. Возникла область аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно морскими средне- и верхнечетвертичными отложениями.

Последнее поднятие Западно-Сибирской плиты способствовало возникновению и формированию современных речных долин. Крупные речные долины, сложенные аллювиальными верхнечетвертичными отложениями (Обь, Иртыш, Надым, Пур, Таз, Енисей и их притоки) образуют еще одну инженерно-геологическую область первого порядка.

Каждая из пяти выделенных инженерно-геологических областей охватывает огромную территорию, которая при более детальном рассмотрении оказывается не совсем однородной вследствие некоторой дифференциации тектонических движений в ее пределах. Возникает необходимость выделения инженерно-геологических областей второго порядка, которых на территории Западно-Сибирской плиты выделено 26.

Кроме того, на территории Западной Сибири можно выделить четыре широтных зоны: практически сплошного распространения многолетнемерзлых пород, несплошного (прерывистого) распространения многолетнемерзлых пород, сильного (избыточного) и недостаточного увлажнения горных пород.

Для формирования этих зон особенно большое значение имели условия, существовавшие в голоцене (на протяжении последних 12 тыс. лет), в результате

которых Западно-Сибирская плита в своей поверхностной части приобрела широтную зональность. Эти особенности показываются на карте грунтовых толщ.

Сочетание карт инженерно-геологической и грунтовых толщ дает возможность принять оптимальные решения при проектировании крупных инженерных, в первую очередь линейных сооружений на самых ранних этапах проектирования. По подсчетам сотрудников Всесоюзного института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), наличие таких карт дает экономию при народнохозяйственном освоении территорий типа Западной Сибири в размере 6% от общей суммы капиталовложений⁷, т. е. многие миллионы рублей.

Составление подобных карт начато для территорий хозяйственного освоения БАМ.

Своевременное изучение инженерно-геологических условий дает большой экономический эффект, сущность которого связана с рациональным использованием геологической среды.

Инженерная геодинамика изучает природные геологические процессы и геологические процессы, вызванные деятельностью человека. Этот раздел инженерной геологии находится на таком уровне развития, когда стало возможным прогнозировать возникновения геологических процессов в пространстве. Так, был правильно сделан прогноз о возможности возникновения в долине р. Малая Алматинка седей, которые могут нанести значительный ущерб Алма-Ате. Под руководством М. А. Лаврентьева и М. А. Садовского в долине Малой Алматинки, выше известного катка Медео, методом направленных взрывов была построена в 1971 г. каменнобросная плотина высотой по центру 112 м и шириною около 500 м⁸.

15 июля 1973 г. в долине Малой Алматинки внезапно образовался мощный сель. Он смел на своем пути все противоселевые сооружения и обрушился на высотную плотину. Плотина выдержала его мощный удар, и город был спасен

⁷ Гречищев С. Е., Мельников Е. С. — Тезисы докладов научно-технической конференции по проблемам градостроительства в газоносных районах. Тюмень, 1968.

⁸ Подробнее см.: Покровский Г. И., Чемин А. Н. Противоселевая плотина предотвратила катастрофу. — «Природа», 1974, № 3.

от разрушения. Селехранилище, рассчитанное по проекту на 100 лет, было полностью отложениями одного этого селя на 3/4 своего объема. Понадобилось принять срочное решение о наращивании плотины до высоты 145 м, при ширине 550 м.

Этот случай говорит о том, что мы еще не умеем точно прогнозировать геологические процессы по их интенсивности и во времени.

Одним из условий для разработки прогноза должно явиться тщательное изучение горных пород, в которых протекают геологические процессы. От состава, структурно-текстурных особенностей и состояния этих пород часто зависит сама возможность возникновения геологических процессов.

Изучением горных пород в инженерной геологии занимается один из основных ее разделов — грунтоведение. Грунтоведение изучает любые горные породы, почвы и искусственные грунты как многокомпонентные системы, использующиеся в инженерных целях и в целях прогноза возможности возникновения геологических процессов и изменения инженерно-геологических условий отдельных регионов. Основное положение грунтоведения состоит в том, что свойства грунтов зависят от их состава и структурно-текстурных особенностей, или иначе: зависят от их происхождения и от особенностей их геологической «жизни».

Чтобы понять поведение пород под нагрузкой, понять возможность и условия возникновения в них различных геологических процессов, приходится заглядывать в микромир горных пород. Например, в глинистых породах большая роль принадлежит минералам, кристаллы которых меньше 1 мкм. Форма таких частиц различна, что объясняется для глинистых минералов разным их кристаллохимическим строением. Размер и расположение частиц тоже неодинаковы. Наконец, различны контакты между частицами, природа и величина структурных связей между ними. Все это вместе и определяет прочностные и деформационные свойства дисперсных пород.

Однако свойства образца еще не характеризуют свойства массива горных пород, откуда он взят. Граниты имеют величину сопротивления одноосному сжатию порядка 1000 кг.см². Казалось бы, они могут выдержать любое инженерное сооружение. Но это не так. Наличие в гранитных массивах тектонических разло-

мов, тектонических трещин, выветрелых зон, неоднородность гранитных массивов по составу — все это приводит к тому, что часто они оказываются непригодными для строительства ответственных сооружений.

Например, Красноярская ГЭС проектировалась вначале ближе к городу, а затем была построена дальше от него. Оказалось, что первоначально выбранный створ не годится из-за сложных инженерно-геологических условий (раздробленность и выветрелость пород и др.). Уже в процессе строительства Красноярской ГЭС на новом месте было установлено то, что не удалось обнаружить в процессе изысканий, — зона повышенного тектонического дробления имеет такую конфигурацию, при которой она, оказываясь, подходит под основание плотины. Понадобилось большое количество бетона для превращения этой зоны в монолитную прочную массу.

Геологи, работающие в области инженерной геологии, часто совместно со строителями при проектировании решают что экономичнее: переносить планируемый объект на другое место или провести искусственное улучшение грунтов каким-либо методом. А их сейчас разработано много. Например, можно с помощью золоуносов — отходов, загрязняющих атмосферу, закреплять слабые грунты не хуже, чем с помощью цемента. Эти вопросы тоже относятся к рациональному использованию геологической среды.

Таким образом, охрана и рациональное использование геологической среды объединяют решение отдельных вопросов, связанных со строительством, борьбой с вредными последствиями геологических процессов, рациональным размещением инженерных сооружений на территории Земли и т. д. Инженерная геология, превращаясь в науку о сфере разума, будет все больше «впитывать» в себя, помимо геологов разного профиля, математиков, физиков, географов, экономистов, почвоведов и специалистов другого профиля. Объединенными усилиями всех этих специалистов и будет превращена поверхностная часть земной коры, где живет и трудится человек, в сферу разума, как об этом мечтал В. И. Вернадский.

СТАНИСЛАВ ГУСТАВОВИЧ СТРУМИЛИН

Экономика природы

А. М. Румянцев



Алексей Матвеевич Румянцев, академик, председатель Научного совета по комплексной проблеме «Экономическое соревнование двух систем» АН СССР. Основные работы относятся к области политической экономии социализма, а также проблемам научно-технической революции и закономерностям развития науки. Монографии: О категориях и законах политической экономии коммунистической формации. М., 1965; Ленинский этап в развитии политической экономии. М., 1967; Проблемы современной науки об обществе. М., 1969; и др.

В истории марксистской экономической мысли многолетняя научная и практическая деятельность одного из крупнейших советских ученых академика Станислава Густавовича Струмилина по праву занимает прочное и почетное место. Его имя заслуженно пользуется огромной популярностью и в нашей стране, и за рубежом.

Струмилин принадлежит к славной плеяде ученых-коммунистов, работавших в Госплане с момента его основания. Струмилин явился одним из зачинателей народнохозяйственного планирования в нашей стране: он внес огромный вклад в разработку первого пятилетнего, а затем и других текущих и перспективных планов.

Разбирая тот или иной вопрос, Струмилин глубоко проникал в сущность явлений, именно поэтому его труды актуальны и сегодня. Чтобы лучше понять производство, неоднократно подчеркивал Струмилин, нужно серьезнее заниматься теорией. Ныне в свете исторических ре-

шений XXV съезда КПСС эта его мысль как нельзя более злободневна. Его деятельность имела и имеет очень большое значение для практического применения достижений науки вначале в социалистическом, а затем и коммунистическом строительстве, ибо Струмилин дал глубокий анализ коренных проблем теории и практики социалистического планирования.

Творчество Струмилина многогранно. Диапазон его научных интересов весьма широк: он обогатил фундаментальными трудами не только целый ряд отраслей экономической науки — народнохозяйственного планирования, экономики труда, статистики, экономической истории, но и многие смежные науки, и прежде всего демографию, социологию, географию.

В трудах Струмилина нашли отражение важнейшие проблемы развития мировой экономики и экономического роста нашей страны — страны победившего социализма. Во всех своих работах Струмилин выступает как защитник великих идей коммунизма, как подлинный гу-

манист, не на словах, а на деле последовательно отстаивающий интересы человечества в целом. Именно таким было отношение Струмилина к проблемам экологии, которым он придавал первостепенное значение уже в самые первые годы Советской власти.

Уже в начале 20-х годов он выступил с работами «Народное богатство России»¹ и «К учету народного богатства СССР»². В них он впервые поставил проблему охраны недр нашей социалистической Родины. К этой теме Струмилин возвращается неоднократно — он развивает ее глубоко и всесторонне. И уже в 1928 г. в одностороннем «Очерке советской экономики» Струмилин посвящает специальный раздел анализу состояния земельных и лесных богатств страны, в котором научно, экономически обоснованно, ставит вопрос о «цене» земли, о площади и «стоимости» земель сельскохозяйственного пользования, о лесных массивах и их практическом применении.

Проблемы экологии и практического использования недр страны неизменно входят в круг научных интересов Струмилина в годы довоенных и послевоенных пятилеток. При этом он использует любую возможность, чтобы увязать научную разработку этих проблем с их практическим осуществлением. Так, например, уже в начале Великой Отечественной войны, принимая активное участие в исключительно важной для обороны страны работе, связанной с развитием народного хозяйства Урала в условиях войны, за что он был удостоен Государственной премии, Струмилин не забывает о сохранении уральских природных ресурсов.

Подобного рода деятельность наглядно проявилась и в период его пребывания на посту заместителя председателя Совета филиалов и баз Академии наук СССР в 1942—1946 гг., и в период послевоенного восстановления народного хозяйства самых различных регионов страны, включая наиболее отдаленные. Уже в 1947 г. на конференции по изучению производительных сил Иркутской области Струмилин выступает с докладом о пер-

спективах экономического использования природных богатств Восточной Сибири.

Одновременно он разрабатывает основополагающие фундаментальные методологические проблемы естественноисторического районирования с обязательным учетом экологических факторов. Под его руководством была оперативно подготовлена и опубликована в 1947 г. обширная монография «Естественноисторическое районирование», в которой перу Струмилина принадлежат два важнейших раздела — методологический и заключительный, обобщающий имевшийся тогда опыт районирования в нашей стране.

Намечая важнейшие установки районирования, в том числе первоочередную необходимость выявления хозяйственных признаков районов и их экономических критериев, Струмилин убедительно показывает, что в системе социалистического планового хозяйства экономически и экологически обоснованное районирование становится одним из серьезных рычагов подъема производительных сил страны. Важнейшим этапом этого метода он считал именно учет природных ресурсов. Причем это органически связывалось с технической и общеэкономической государственной политикой. Особое внимание уделялось также выявлению и постоянному учету факторов плодородия, без чего, по мнению Струмилина, не могут быть определены естественные рубежи районов.

В работе «Районирование природных ресурсов земледелия СССР»³ Струмилин прежде всего выделяет важнейший вопрос размещения земельных угодий, подчеркивая своеобразие их географического распределения в разных природно-климатических зонах страны: лесной и лесостепной, Восточно-Европейской равнины, Урала и Зауралья, Западной и Восточной Сибири. Из природных факторов особо выделяются водные, почвенные, энергетические ресурсы, производительные силы земли. На конкретном статистико-экономическом материале он развивает и аргументирует один из важнейших тезисов Маркса, что «...плодородие вовсе не в такой степени является естественным качеством почвы, как это может показаться: оно тесно связано с

¹ Струмилин С. Г. Народное богатство России.— «Вестник труда», 1923, № 6—7, с. 80—85.

² Струмилин С. Г. К учету народного богатства СССР.— «Плановое хозяйство», 1925, № 7, с. 297—316.

³ Струмилин С. Г. Избр. произведения. Т. 4. М., 1964, с. 163—212.

современными общественными отношениями»⁴.

Значительным этапом в дальнейшем развитии экологических аспектов социалистического планирования явилась работа Струмилина «К оценке даровых благ природы», впервые опубликованная в 1957 г.⁵ В ней он прямо поставил имеющий огромное народнохозяйственное значение вопрос о том, как сказывается дифференциальная рентабельность земель и рудных месторождений на сравнительной их оценке в условиях нашей страны, где все земли и недра давно национализированы и — как всенародная собственность — не могут быть предметом купли-продажи. Отвечая на этот вопрос, Струмилин подчеркивает, что необходимо строго учитывать и бережно расходовать так называемые «даровые» блага природы, оценивая их прежде всего по той экономии в труде, какую они могут обеспечить в производстве или в денежной оценке на тот или иной момент.

Методологически чрезвычайно важна поставленная им уже тогда задача сопоставимости затрат текущего момента с их будущим эффектом при использовании природных благ. Струмилин справедливо отмечает, что грядущие блага могут представлять для нас уже сейчас известную цену и потому их необходимо учитывать в народном хозяйстве.

Развивая эту мысль в более поздней работе «О цене «даровых благ природы»⁶, впервые опубликованной в 1967 г., он решительно выступает против бесхозяйственного расточительства общественных ресурсов, против вредной концепции, будто земля, материальная база всякого производства, не имеет ценности, потому что является природным даром. На большем статистическом, историческом и экономическом материале Струмилин доказывает, что существующая в хозяйственной практике средняя оценка земель по всей стране без полностью завершеного кадастра — всестороннего фиксированного учета сравнительных качеств земли на каждом отдельном участке, в каждом совхозе или колхозе — пока еще недо-

Станислав Густавович Струмилин (Струмилло-Петрашкевич) — выдающийся советский ученый в области экономики, статистики, истории, социологии, философии и демографии, один из создателей теории социалистического планирования, академик, Герой Социалистического Труда, действительный член Польской и Румынской академий наук, почетный доктор Варшавского университета, почетный член Демографического общества при АН СССР и др.

Научную работу по статистике и социологии, начавшуюся в середине 90-х годов, Струмилин сочетал с революционной деятельностью. Он был членом петербургского «Союза борьбы за освобождение рабочего класса». Будучи в 1902—1903 гг. в эмиграции, занимался в Русской школе общественных наук в Париже, где слушал лекции Ленина по аграрному вопросу. В 1914 г. окончил экономическое отделение Петербургского политехнического института. После Великой Октябрьской социалистической революции занимался организацией учета и планирования в стране. В 1921 г. он вошел в состав Госплана, вел научную и педагогическую работу в Московском университете, Коммунистической академии, Институте народного хозяйства и др.

Струмилин внес большой вклад в разработку ряда актуальных проблем демографического прогнозирования, политэкономии социализма, экономической истории; он уделял особое внимание нерешенным и практически важным вопросам статистической методологии. С его именем связан один из методов построения индекса производительности труда, называемый «индексом Струмилина».

Под руководством Струмилина разработана первая в мире система материальных балансов, необходимых для народнохозяйственного планирования. Он одним из первых советских экономистов начал рассматривать вопросы экономической оценки земли, природных ресурсов, а также методов определения народнохозяйственной эффективности образования и здравоохранения.

Одним из первых в советской социологии Струмилин провел детальное изучение бюджета рабочего и свободного времени у различных социальных групп, разрабатывал положение о науке как непосредственной производительной силе.

Струмилин опубликовал свыше 700 книг и статей. Среди них выделяются исследования «Проблемы экономики труда» [1923], «Промысленный переворот в России» [1944], «Очерки экономической истории России и СССР» [1966], «История черной металлургии в СССР» [1967].

⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 4, с. 175.

⁵ Струмилин С. Г. Избр. произведения. Т. 1. М., 1964, с. 143—150.

⁶ Струмилин С. Г. Избр. произведения (т. 8). Воспоминания и публицистика. М., 1968, с. 443—455.



Станислав Густавович Струмилин.
17 (29).I.1877— 25.I.1974.

статочна для развернутого полноценного хозрасчета на всех таких участках. Ибо без такого точного учета фактически невозможно предотвратить крайне вредный для экономики страны и перспектив ее развития процесс, когда непрерывно без нужды расточаются ценнейшие земельные фонды якобы даровой земли. Причем резервы эти невосполнимы.

«При более полном учете и экономическом использовании наших земельных угодий,— пишет Струмилин,— совсем по-иному выглядели бы и рентабельность очень многих проектируемых застроек, и проблема их размещения поближе к дешевым землям, а в частности и масштабы допустимых затоплений и заболачивания ценнейших земель безбрежными морями при каждой гидроэлектростанции. Там, где ценят землю, ее, наоборот, с боями отвоевывают у моря, ограждая дамбами и земляными валами. Думается, что и у нас при должном хозрасчете оказалось бы выгоднее ограничивать берега ожидаемых затоплений дамбами и валами, хотя бы в той мере, в какой нужные для этого затраты с лихвой окупятся экономией возмещений за стоимость затопленных без нужды лугов и пашен»⁷.

Мне не раз приходилось встречаться и беседовать со Станиславом Густавовичем. Но и в беседах, как и в его работах, всегда проявлялись важнейшие его качества — партийная страстность, непримиримость к недостаткам и масштабность его идей; острота разбираемых им проблем и — что чрезвычайно важно — синтетичность, комплексность подхода к ним.

Всю свою долгую жизнь — он не дожил до своего столетия трех лет и четырех дней — Струмилин оставался в строю. Даже на последнем году своего славного жизненного пути он продолжал принимать самое активное участие в решении целого ряда актуальнейших проблем, связанных с совершенствованием социалистического образа жизни. И весьма симптоматично, что среди последних прижизненных его выступлений — статья в «Правде»⁸, специально посвященная проблемам экологии. В этой статье, написанной им совместно с Э. Е. Писаренко,

Струмилин выдвигает важную идею о создании единого государственного координационно-научного экологического центра в масштабах страны. Эта же мысль была изложена в сентябре того же 1973 г. гораздо полнее в их совместном, не потерявшим своего значения и поныне, докладе на Всесоюзной научной конференции «Климат — город — человек». Текст этого доклада публикуется в этом номере «Природы» впервые.

УДК 33; 92 Струмилин

⁷ Там же, с. 450—451.

⁸ Струмилин С. Г., Писаренко Э. Е. В контакте с природой.— «Правда», 26.IX.1973 г.

Экономика и статистика «даровых» благ природы

С. Г. Струмилин, Э. Е. Писаренко

Взаимодействие человека с окружающей его природой уже несколько десятилетий назад выдвинулось в число острейших проблем современности.

Ее связь с социальной структурой общества детально прослежена многими советскими и зарубежными специалистами.

Нам хотелось бы остановиться на одном, более узком вопросе природопользования. Речь пойдет о Земле как жилище человека, его доме. Именно под этим углом зрения рассматривается нами в данной статье природа. При таком подходе ее роль источника продовольствия и всех материальных благ условно как бы выносятся за скобки.

Большинство населения СССР живет в городах, причем абсолютное и относительное количество горожан постоянно увеличивается, потому в рассматриваемом аспекте на первый план выдвигается вопрос: природа — город — человек.

Одной из центральных теоретических предпосылок марксизма в интересующей нас области является известная идея устранения противоречия между деревней и городом в коммунистическом строительстве. Ложно понятая, она приводила и приводит некоторых ученых к дилемме: «Должны ли мы строить города или разгородья? Должны ли мы строить по принципу урбанизации или дезурбанизации?»

Вряд ли кто усомнится, что основоположники марксизма не примкнули бы к такой «деревенской» постановке вопроса.

Антагонизм между городом и деревней можно устранить не превращением города в деревню и не упразднением городов, а соединением города и деревни в целостный агроиндустриальный комплекс, в максимальном подчинении города, городского строительства (и реконструкции старых городов) инте-

ресам человека. Это все более ясно осознают не только социологи и экономисты, но и специалисты иных профилей, и прежде всего строители, архитекторы¹.

В условиях современной научно-технической революции процесс урбанизации приводит к непрерывному возрастанию числа и масштабов агломераций — скоплений населенных пунктов, преимущественно городских, но также и сельских, сближенных, местами срастающихся, объединенных в одно целое интенсивными хозяйственными, трудовыми и культурно-бытовыми связями.

Агломерации такого типа образовались в нашей стране как в районе некоторых новых городов, так и вокруг старых крупных центров. Их появление заставляет вносить изменения в исторически сложившуюся планировку, оказывает влияние на новую застройку.

При этом требуется восстановить многообразие занятий человека, включая обязательный физический труд, без чего нельзя говорить о его гармоническом развитии. Этого требует и социология, и биология человека, и, по сути, вся наша экономика. Подчеркнем: такая постановка вопроса учитывает потребности аграрного производства, а также интересы общественной гигиены. Только путем органического, естественного слияния города и деревни с обязательным созданием благоприятного для всего живого микроклимата можно устранить нынешнее отравление воздуха, воды и почвы на территории крупных городов, агломераций и в прилежащих к ним территориях.

Эти проблемы требуют безотлагательного решения прежде всего в районах крупнейших агломераций — и еще складывающихся, и уже сложившихся.

¹ См., например, По со х и н И. В. Город для человека. М., 1973.

К последним в нашей стране можно отнести Московскую, охватывающую фактически всю территорию Московской области, Ленинградскую, Свердловскую, крупные агломерации на Украине — Днепропетровско - Днепродзержинскую, Криворожскую, Донецко-Макеевскую, Лисичайскую, Харьковскую и др. Число городских агломераций растет с каждым годом. Между тем наша статистика пока, к сожалению, никак не отражает ни в своей практике, ни тем более в теории не только взаимодействие агломераций с окружающей средой, но, по сути, вообще фактически игнорирует процессы агломерирования, как будто бы их не существует².

Развитое социалистическое общество имеет полную возможность рационально решить проблемы связи агломераций с той природной средой, на которую они сегодня фактически наступают, которую теснят и уничтожают и которая крайне необходима для их жителей как место рекреации, резервуар чистого воздуха, резерв озеленения и т. п.

Поселенческая агломерация — это именно тот объект науки, в котором не могут успешно действовать ученые узких специальностей. Здесь исследования должны обязательно вестись только комплексно — с применением экономических, географических, социологических, демографических, исторических, статистических методов.

Роль статистики хочется подчеркнуть особо. Нельзя считать нормальным сложившееся положение, при котором до сих пор городские агломерации фактически никак не выделяются и не учитываются Центральным статистическим управлением (ЦСУ). Из-за этого мы зачастую не можем регулировать процессы, связанные с образованием и развитием поселенческих агломераций в нужном для общества направлении.

Между тем в наши дни этот вопрос становится особенно актуальным, определяющим степень нашего контроля за «качеством» окружающей человека природной среды. И от того, как практически он разрешен, в значительной степени

зависит и регулирование взаимодействия охраны природной среды и важнейших социально-экономических процессов, в том числе и таких, как процессы агломерирования и урбанизации в целом.

Возьмем, к примеру, нашу Московскую агломерацию. Перепись населения 1970 г. в столичной области учтено 68 городов, не считая Москвы и административно подчиненного ей Зеленограда³. Все эти города размещены на территории области довольно неравномерно. Вопросы дальнейшего развития системы расселения в Московском районе в значительной степени связаны с перспективами развития именно городов, так как в них проживает более половины всего населения области⁴.

Столичная область сравнительно невелика по своим размерам — 46 тыс. км². Население Подмосковья достигло 5,8 млн человек. Это по 129 человек на 1 км² — плотность довольно высокая. При оценке перспектив развития городов, как и всей Московской агломерации в целом, необходим обязательный учет не только экономических, градостроительных и конкретных демографических (реальных и перспективно обозримых) условий, но и оценка природной ситуации как в каждом конкретном городе Московской области, так и в целом во всей агломерации. Думается, что экономической основой существования систем городских поселений как определенной территориальной единицы должно быть не однопрофильное, а комплексное развитие промышленности с обязательным учетом жизненной среды обитания в каждом населенном пункте агломерации, а также в агломерации в целом. Социальной же основой должно являться наличие системы полного культурно-бытового обслуживания населения с учетом

³ Уже после переписи в число городов вошел бывший рабочий поселок Солнцево.

⁴ Средняя плотность населения Московской области выше, чем в соседних областях. Наиболее плотно заселены районы, прилегающие к Москве, а также к промышленным центрам на востоке, юге и севере области. Реже заселены сельскохозяйственные и особенно лесистые районы Мещерской и других низин. В Московской области расположена крупнейшая городская агломерация страны, захватывающая территорию соседних Владимирской, Ивановской, Тульской и Ярославской областей. Городское население столичной области (без Москвы) насчитывает 4187 человек (1973 г.), из них 70% населения — горожане.

² Теоретическая разработка этих проблем началась лишь в самое последнее время. Большое внимание им было уделено участниками XXIII Международного конгресса географов в Москве, состоявшемся в июне — июле 1976 г.

перспектив его возможного и планируемого развития.

Интересы государства требуют, чтобы экономика и среда обитания Московской агломерации по главным направлениям развивались вместе с Москвой как единый хозяйственный организм. Без этого нельзя правильно решать такие важнейшие проблемы, как рациональное размещение промышленности, создание современных энергетической, транспортной, коммунальной систем, охраны природы.

Проектировщики, архитекторы уже сегодня планируют, какой будет Московская агломерация в 2000 году. Это диктуется потребностями самой жизни и логикой экономического развития.

Развитие цивилизации ставит человека в меньшую зависимость от естественной природной среды. Тем не менее зависимость людей от ландшафтно-климатических условий достаточно сильна. Поэтому одной из самых важных проблем является природно-климатическое районирование. Оно имеет огромное значение для выбора градостроительных решений, и прежде всего в наиболее суровых по климату районах страны, которые сейчас интенсивно осваиваются — на Крайнем Севере, в пустынях Средней Азии, в Сибири и на Дальнем Востоке.

Между тем некоторые важные направления этих исследований еще отстают от запросов градостроительной практики. Вопросы экономики строительства в различных природно-климатических условиях разработаны недостаточно, хотя роль социологов, экономистов и статистиков в изучении системы «природа — город — человек» все более возрастает. Мало изучен и такой важнейший вопрос, как соотношение данных бюджетных обследований, и прежде всего бюджета времени и природной среды, с целью учета результатов этих исследований как в городском, так и в сельском строительстве.

Города — это, по сути, искусственная среда обитания людей, созданная самими людьми. И, безусловно, для ее сохранения и развития нужны какие-то свои специфические условия изучения, учета и сохранения. Когда же мы говорим о естественных резервах, которые содержит гигантская кладовая Ее Величества Природы, то здесь необходимо их прежде всего делить на возобновляемые и невозобновляемые. Особенно важно постоянно помнить о последних. Именно поэтому особенно важна роль статистики так называемых «даровых» благ природы.

После Октябрьской революции в результате национализации земля выпала из товарооборота страны. Ее нельзя уже ни продать, ни купить на рынке. Выпали из учета и цены на нее. Землю стали рассматривать как «даровое» благо природы, подобное речной воде или дачному воздуху. Однако эта заведомо ошибочная концепция чревата бесхозяйственным расточительством важнейших первоисточников народного богатства — расточительством общественных ресурсов прошлого и живого труда. А практика доказывает необходимость учета и оценки этих «даров» природы. Их следовало бы включать в себестоимость производства хозрасчетных предприятий в качестве рентных платежей государству. Однако критерий оценки природных благ остается неясным. Ведь если их цены строить вне требований закона стоимости, т. е. сверх стоимости, то сумма цен всего общественного продукта превысит его стоимость как раз на сумму всей такой «ренты» за счет «даровых» благ природы.

До тех пор пока любое изъятие сельскохозяйственных угодий производится без учета их стоимости в фондах индустриального строительства и без возмещения их сельскому хозяйству в масштабах учетных изъятий, мы не наладим действительного хозрасчета.

Можно привести немало примеров, насколько важны и значительны затраты на превращение бросовых и непригодных земель в сельскохозяйственные угодья. В наши дни в исследованиях белорусских ученых особое место занимает проблема комплексного освоения Полесской низменности площадью в 13 млн га. Причём сущность этой проблемы в том, чтобы за счет изменения режима поверхностных и подземных вод и иных мелиоративных мероприятий коренным образом преобразовать природные условия края с целью дальнейшего интенсивного развития его производительных сил.

Благодаря усиленному вниманию к мелиорации земель, к реконструкции осушительной системы в Белоруссии значительно повысилась в наши дни урожайность всех сельскохозяйственных культур.

По имеющимся расчетам, на индустриальные нужды к настоящему времени у нас изъято уже более 50 млн га сельскохозяйственных угодий. Стоимость индустриальных объектов при этом изрядно занижается, а рентабельность необоснованно увеличивается. В план попадают даже вовсе малоэффек-



С. Г. Струмилин (сидит в центре) среди участников Всесоюзного совещания статистиков. 1922 г.

тивные объекты. Ценнейшие же земельные фонды якобы даровой земли между тем без нужды расточаются. Охотников же на даровую землю найдется всегда и сколько угодно.

Хотелось бы подчеркнуть, что некоторые формы хозяйственной деятельности людей, особенно в сельской местности, устарели и способствуют появлению нежелательных последствий, как, например, эрозия почв. Исторически сложившемуся тандему трактор-плуг уже в наши дни все труднее обеспечивать рост продукции земледелия. Одной из причин этого является использование традиционной схемы обработки почв, сложившейся еще во времена конной тяги. Ныне наука приходит на помощь сельскохозяйственному производству, предла-

гая новый класс машин для обработки почвы.

В использовании «даровых» благ природы далеко не всегда выполняются все требования экономии и хозрасчета. И это прежде всего относится к тем предприятиям, которые спускают без должной очистки сточные отходы в реки и озера, загрязняя и отравляя важнейшие источники водоснабжения. Пример бесхозяйственного отношения к водоемам, уже ставший, к сожалению, классическим, — это наше озеро Байкал, которое в старину справедливо называли «святым морем». По сути, это одно из семи чудес природы. Можно лишь гордиться тем, что этот огромный резервуар пресной воды, в который впадает 336 рек, находится на территории нашей страны.

В последние годы положение изменилось к лучшему. Начато систематическое изучение богатств Байкала, в частности его водного баланса⁵, создан Лимно-

⁵Афанасьев А. Н. Водный баланс Байкала — «Труды Байкальской лимнологической станции», 1960, т. 18.

логический институт, опубликован детальный атлас Байкала⁶, а в январе 1969 г. Совет Министров СССР принял специальное постановление по сохранению и рациональному использованию природных комплексов бассейна этого уникального озера⁷.

Сберечь воду озер, больших и малых рек, очевидно, можно, если перевести предприятия, расположенные на их берегах, на «замкнутый» круг водоснабжения — с очисткой забранных вод для повторного использования и без права спускать их куда-либо за пределы предприятия. Во всех других случаях, когда вода подается из водопроводов или каналов, на сооружение которых были затрачены определенные средства, следовало бы установить полную ее оплату в зависимости от стоимости этих сооружений. Причем за выполнением этих условий должен быть установлен строжайший государственный контроль и обязательный учет органами статистики.

Статистический учет и экономические оценки природных ресурсов во все большей степени должны учитывать не только чисто производственный, но и социальный аспект их использования в системе «природа — человек». Очевидно, что ограниченность природных ресурсов зависит от увеличения ресурсов свободного времени. Поэтому в системе учета и оценок все большую значимость должны приобретать эстетические и рекреационные функции внешней среды. При всей сложности статистического учета и экономической оценки этих функций без их точного знания нельзя вести поисков наилучших вариантов использования земельных, лесных, водных, ландшафтных и прочих богатств. Поэтому нам предстоит определить сравнительную экономическую эффективность использования «даровых» благ природы не только в добывающих отраслях промышленности или в сельском хозяйстве, но и в ряде районов, активно используемых для отдыха и туризма (Северный Кавказ, Южный Крым и др.). В свою очередь, проведе-

ние четкого статистического учета и оценок природных ресурсов в экономических и социальных целях возможно лишь на основе предварительного проведения конкретных экономических, географических, социологических, медицинских (курортологических) исследований по отдельным функциям природной среды и ее территориальным объектам в целях определения их относительной значимости и шкалы предпочтений в удовлетворении различных производственных, рекреационных и эстетических потребностей. Эти оценки также должны быть дополнены объективными данными об охране и восстановительных функциях природной среды в обеспечении нормальной жизнедеятельности (в том числе производственной) человека. Но такой подход обязательно требует комплексных исследований.

Можем ли мы забывать сегодня о том, что вопрос о необходимости охраны природы был поставлен еще в ленинской программе партии, принятой в 1919 г. на VIII съезде РКП(б)? Что он прозвучал в учении о биосфере В. И. Вернадского⁸. Разве не знаменательно, что вопрос о соотношении природы и человека был поставлен на страницах журнала «Природа» еще в революционном семнадцатом году?⁹ Обо всем этом мы здесь напоминаем потому, что некоторые исследователи усиленно штудируют труды иноземных авторов, по-настоящему талантливых

⁸ Вернадский В. И. Биосфера. Т. 1—4. Л., 1926; он же. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1965 и др.

⁹ В своей статье «Природа и человек» («Природа», 1917, № 4, с. 423—431) будущий академик, а в то время профессор-кристаллограф Е. С. Федоров развивает мысль о единстве науки. Мы позволим себе процитировать отрывки из этой работы, написанной в преддверии революции. «Устранение границ между миром живых организмов и миром неорганической природы, проявляемых в простой группировке химических соединений, устранение границ между науками, входящими в область чистого естествознания, и тем, что привыкли относить к философским дисциплинам, — все это такие парадоксальные факты, которые значительно расстраивают сложившиеся и привычные психологические ассоциации и невольно наталкивают на новые размышления.

Прежде всего является вопрос, существуют ли вообще настоящие границы между какими-либо науками и не составляют ли все науки, взятые в целом, нечто объединенное и естественно неразделимое, а то, что выставляется как грани-

⁶ Атлас Байкала. Иркутск — М., 1969.

⁷ В 1974 г. Министерство мелиорации утвердило «Временные правила охраны вод озера Байкал и естественных ресурсов его бассейна». В январе 1976 г. Государственная комиссия подписала акты об очистке его берегов от отходов лесосплава; установлены жесткие границы охранной зоны.

и интересных, таких, как Е. Одум¹⁰, К. Уатт¹¹, японские исследователи¹² и забывают о том, что буквально с первых лет Советской власти эти вопросы постоянно волновали и волнуют не только наши ученые умы, но фактически составляют суть нашей партийной и государственной политики.

Вот почему нас не могут не радовать работы советских ученых последних лет, особенно экономистов. Отраднa, в частности, постановка вопроса о статистике окружающей среды, об определении системы статистических показателей среды обитания человека и мероприятий по ее охране. Представляется резонным выделение таких, на наш взгляд, важных направлений статистического учета окружающей среды, как: 1) обеспечение необходимой информации о количественной и качественной характеристике среды; 2) анализ проявления различных видов деятельности людей, воздействующих на окружающую среду; 3) анализ изменений окружающей среды, вызванный этими видами деятельности; 4) влияние изменений в окружающей среде на жизнедеятельность людей; 5) анализ ответственности мер по сохранению и улучшению окружающей среды; 6) сравнительный анализ показателей статистики окружающей среды как по отдельным регионам (внутри нашей страны), так и в международном масштабе¹³. Наконец, важно, чтобы при определении границ статистической системы, охватывающей явления окружающей среды, органы государствен-

ной статистики в первую очередь выясняли и фиксировали явления, которые могут вызвать нежелательные последствия и требуют от общества определенных действий.

Вопрос о том, что именно включать в систему показателей статистики окружающей среды, далеко не праздный. Он имеет на сегодняшний день сугубо практический смысл. Думается, что все данные об использовании и защите земли, лесов, парков, садов, водных ресурсов, о состоянии воздушной среды, об уборке, вывозе и утилизации отходов промышленных и жилищно-коммунальных предприятий обязательно нужно включать в систему этих показателей. Было бы желательно в кратчайший срок выработать четкие методические руководства и инструкции по показателям статистики, что поможет создать действенную систему экологической информации.

Целый ряд фактов убедительно свидетельствует о том, что технологическая революция привела к нарушению саморегуляции природы. В этих условиях необходимо влиять на биосферу, управлять ею, все более превращая ее в ноосферу. Мы не можем не согласиться с утверждением многих ученых, что в ряде районов планеты переиден порог самозащиты природы, подорваны процессы спонтанного оздоровления среды¹⁴. Поэтому вопрос о целенаправленном воздействии на природную среду все сильнее волнует международную общественность.

В заключение хотелось бы особо подчеркнуть, что упомянутые здесь научные и организационные проблемы могут быть решены лишь общими усилиями ученых, партийных, советских и профсоюзных работников, руководителей предприятий и строков, колхозов и совхозов, работников плановых и статистических органов как в центре, так и на местах. Кого винить в том, что, например, Щекинский химический комбинат расположен по соседству с национальным природным и культурным заповедником Ясная Поляна? Местных руководителей или служащих ведомств, призванных решать вопросы планирования и расположения промышленных предприятий? Наверное и тех, и других.

В чьих руках должны находиться

цы отдельной науки, не есть ли лишь нечто искусственное, натянутое, подогнанное соответственно уровню знаний в каждое данное время?...

Мне кажется, что, устраняя... особые объекты человеческого ведения, лишь по названию причисляемые к научным предметам, мы действительно найдем все науки, несмотря на громадные различия в их методах и уровне, сплетенными в нечто цельное и единое, в конце концов — единую науку о природе».

Этот отрывок как нельзя более перекликается с идеей С. Г. Струмилина о комплексном исследовании природы. (Прим.

¹⁰ Одум Е. Экология. М., 1968.

¹¹ Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. М., 1971.

¹² Токно через двадцать лет. М., 1972.

¹³ В марте 1973 г. Конференция европейских статистиков рассмотрела целый ряд проблем новой области статистики — статистики окружающей среды и разработала классификацию важнейших компонентов окружающей среды.

¹⁴ Политика и экология. Прага, 1972, с. 17.

управление и координация деятельности различных учреждений, организаций и предприятий по охране окружающей среды? Какие конкретные меры могут помочь развитию наших экологических знаний, а главное, оперативно наладить действенный контроль за «даровыми» благами природы — землей, водой, воздухом, лесами, животным миром?

Ведь карман у нас один — народный, государственный, и никакие ведомственные, местнические интересы не должны влиять на решение столь важных социальных проблем, как охрана окружающей среды, создание комфортных условий жизни советского человека.

Думается, что действительно необходимо, прежде всего, обязательный, причем самый действенный контроль за «качеством» окружающей человека жизненной среды, который может осуществить лишь специальный научный центр. Такой центр можно создать в системе Академии наук СССР и Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике. Он особенно необходим, если учесть, что территория Советского Союза в целом расположена в менее благоприятных условиях, чем большинство высокоразвитых зарубежных стран.

При освоении новых районов, наряду с задачей рационального использования природных ресурсов, стоит важнейшая социальная задача — создание благоприятных условий жизни населения. Надо отметить, что обе эти задачи неразрывно связаны в социально-экономическом отношении. Ведь благоприятные условия жизни способствуют закреплению населения, росту производительности труда.

Высокий относительный прирост городского населения зафиксирован Всесоюзной переписью 1970 г. в северных, наименее благоприятных по природно-климатическим условиям районах нашей страны. Этому способствовали, наряду с расширением зоны хозяйственного освоения Севера, различные, в основном экономические, меры, направленные на повышение оценки этих районов у определенных групп населения. Со временем значение чисто материальных стимулов в привлечении населения в малоблагоприятные и неблагоприятные районы будет уменьшаться, а роль создания повышенной комфортности проживания — все возрастать.

В наши дни практически нужна

постоянная гигиена Земли — охрана природы от неразумной и бесплановой техники. Пора от изучения природы такой, как она есть, перейти к проектированию новой, необходимой человеку природной среды, к разумному контролю человека над эволюцией биосферы.

УДК 33

Ван ден Брук и его открытие

Ю. И. Лисневский



Юрий Иванович Лисневский, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Работает в области истории изучения изотопов.

Жизнь Антониуса ван ден Брука (Antonius Johannes van den Broek) — пример редкого случая, когда профессиональный гуманитарий (юрист по образованию) в результате самостоятельных, систематических и целеустремленных занятий смог не только подняться до уровня современных ему физических знаний, но и стал ученым, вклад которого в общий прогресс науки был признан мировым сообществом физиков.

Так, Н. Бор писал: «Время не позволяет мне приводить основания для так называемой ядерной модели атома и те весьма убедительные подтверждения, которые она получила при исследованиях в самых различных областях. Мне хочется упомянуть только об одном результате, придавшем необычайную простоту и привлекательность современной теории атома; я говорю о том, что число электронов нейтрального атома равняется просто числу, определяющему место соответствующего элемента в Периодической системе элементов. Это положение, высказанное впервые ван ден Бруком, представляет собой программу, которая состоит в том, чтобы объяснить физические и химические свойства элементов, положив в основу модель атома и опи-

раясь на число, называемое «атомным номером»¹.

В 1923 г. ван ден Брук был избран членом Королевской академии наук после того, как Г. А. Лоренц на заседании Академии «разъяснил заслуги юриста ван ден Брука в области физики» (из протокола заседания). Более подробная характеристика «заслуг» содержится в рекомендательном письме профессора физической химии Утрехтского университета Э. Кохена и профессора физики Амстердамского университета Р. Сиссинга в адрес Королевской академии наук (в этом же письме было предложено избрать Макса Лауэ иностранным членом Королевской академии наук). Физическая наука обязана ван ден Бруку связью между зарядом ядра и порядковым номером элемента в Периодической таблице. Как доказательство эрудиции в этой области можно также считать, что... ван ден Брук в теории изотопов считал крайне вероятным, что ядро содержит α и β -частицы и что β -частицы радиоактивных веществ испускаются из ядер. Эти исследования могут составить честь

¹ Bohr N. Über die Serienspectra der Elemente.— «Zeitsch. f. Physik», 1920, B. 2, S. 423.

любому физика и провозглашаются, как исходящие от правоведа, в высшей степени замечательными»².

О личности ван ден Брука и истории совершенного им открытия известно довольно мало. Было бы напрасным искать его имя в крупнейших национальных, в том числе и голландских, энциклопедиях и жизнеописаниях ученых. Данная статья призвана в какой-то мере восполнить этот пробел.

Ван ден Брук родился 4 мая 1870 г. в Зутермеере (Голландия) в семье местного нотариуса. С 1889 по 1895 гг. изучал право в Лейденском университете с перерывом в два или три года, в течение которых, начиная с ноября 1891 г., он учился в Сорбонне (Париж). В 1895 г. защитил докторскую диссертацию в Лейденском университете и стал доктором юриспруденции. Диссертация была посвящена вопросам голландского законодательства.

В 1896 г. ван ден Брук женился на Элизабет Мауве, дочери известного голландского художника Антона Мауве и родственнице знаменитого Винсента ван Гога.

В период с 1895 г. до примерно 1900 г. ван ден Брук работал в нотариальной конторе своего отца в Гааге в качестве юриста и адвоката. Интересно, что к этому же периоду относится вступление четы ван ден Бруков в неолстовское общество, очень модное в то время в Голландии, но пробывши они в нем недолго. В течение 1899 г. юрист ван ден Брук неожиданно начинает посещать лекции в Амстердамском университете, но вскоре выезжает за границу для изучения экономики сначала в Вене, а затем в Лейпциге.

Сохранившиеся письма ван ден Брука жене в этот период свидетельствуют о его тонкой наблюдательности, привязанности к своей родине и о круге его интересов, неизменно обращенных к различным вопросам экономики.

По свидетельству дочери, в это время его особенно интересовали научно-философские и количественные аспекты экономики. Есть сведения о его интересе к математике.

В период 1903—1907 гг. духовные интересы ван ден Брука коренным обра-

зом изменились — от гуманитарных к сугубо естественнонаучным проблемам, которым он остался верен до конца своей жизни: зимой 1907 г. появилась его первая статья по физике.

Между 1903 и 1911 гг. он вместе со своей семьей жил по несколько лет в Бур-ла-Рене близ Парижа и в Гаутинге близ Мюнхена. В декабре 1905 г. — феврале 1906 г. путешествовал в Румынию, Турцию и Египет.

Существует предположение, что в Париже ван ден Брук встречался с Марией Кюри, но прямые доказательства, подтверждающие это предположение, отсутствуют.

Свои занятия физическими проблемами ван ден Брук сочетал с выполнением обязанностей юриста. Продажа и покупка земель, юридический надзор за землями и всякого рода деятельность, связанная со строительством домов, поглощали много времени.

Ряд фактов свидетельствует о разносторонности интересов и увлечений ван ден Брука. Так, одно время он был поглощен идеей постройки пяти- и шестигульных домов, считая четырехугольные постройки нерациональными из-за большой потери пространства. Такой дом он построил себе в 1920 г. В 1925 г. он построил виллу в стиле бунгало, тогда очень модного. Ван ден Брук интересовался системами кооперации в жилищном строительстве, с несколькими друзьями основал поселок Билтхоувен около Утрехта.

С 1911 г. ван ден Брук вместе со своей семьей жил в разных местах Голландии, время от времени выезжая за границу. Судя по его письмам, он много времени проводил в Парижской национальной библиотеке. Но свои статьи, как правило, писал на родине.

Интересны воспоминания дочери о том, как ван ден Брук работал:

«...Моя мать была доброй и трудолюбивой женщиной.

Что касается моего отца, то я должна сказать, что его совершенно неправильно понимали в кругу семьи и друзей. Он никогда не сообщал о своих занятиях и публикациях. Я считаю, что он не был несчастным в семье, однако был очень замкнутым. Всегда вежливым и добрым в обращении. Его здоровье всегда было очень плохим.

Я должна признаться, что всегда плохо относилась к нему. Я никогда не могла понять, что он делал в течение

² Snelders H. A. M. A bio-bibliography of the Dutch amateur physicist A. J. van den Broek (1870—1926). — «Janus», 1974, v. 61, p. 59—72.

многих часов, неподвижно уставившись куда-нибудь. Это раздражало меня. Теперь я могу понять, что он работал без стола, без бумаг, без карандаша. Только маленький блокнот для записок и то не всегда.

Мой отец был очень начитан. Предпочитал французский и английский...»³

Из этих воспоминаний следует любопытный факт — ван ден Брук, по-видимому, никого из близких и друзей не посвящал в свое увлечение физикой.

Выше уже упоминалось, что в венский и берлинский периоды изучения экономики ван ден Брук проявлял интерес к математике. Факты пристрастия к операциям над числами и их анализу можно найти во многих его работах. Умение находить логическую связь в массиве казалось бы разрозненных чисел составляло сильнейшую сторону его научного творчества. Неудивительно, что именно ван ден Брук увидел ту особую роль, которую играют порядковые номера элементов в Периодической системе Менделеева.

В своей первой работе⁴ ван ден Брук предложил модель системы элементов взамен менделеевской, которая кажется ему несовершенной из-за неравномерности распределения атомных весов по периодам и недостатка мест для размещения всех радиоактивных элементов.

В его системе содержалось 15 периодов по восьми мест — всего 120 мест, причем каждому месту соответствовал четный, так называемый теоретический атомный вес. Известные тогда элементы попадали на места, где их атомные веса были ближе всего к теоретическим, а оставшиеся пустыми — для еще не открытых или радиоактивных элементов. Например, уран с атомным весом 238,5 занимал последнее, 120-е место и имел теоретический вес 240.

Идея четных теоретических атомных весов возникла на основе одного из объяснений природы α -частицы — «половина атома гелия с одним ионным зарядом» (Э. Резерфорд, 1906) и атомным весом 2. Ван ден Брук считал такую частицу, названную им альфоном, тем «кирпичиком», из которого построены все элементы.

Наиболее примечательным в этой работе было то, что ван ден Бруку потребовалось как-то представить изменение теоретических и известных атомных весов от начала к концу системы, и он выбрал в качестве аргумента число альфонов, образующих теоретические атомные веса, т. е. фактически номера элементов.

Однако в 1909 г. Э. Резерфордом и Т. Ройдсом было доказано, что α -частицы обладают массой 4 и являются ядрами гелия.

В 1911 г. ван ден Брук разработал другую, уже трехмерную «кубическую» систему элементов⁵ с теми же 120 местами (5×8×3), но уже без упоминания об альфонах — вместо них просто четные числа как теоретические атомные веса. Водород не нашел места в такой системе. Уран имел номер 120 и теоретический вес 240. Последние два периода оказались полностью заполненными радиоактивными элементами.

Оставляя в стороне полный анализ этой системы, отметим здесь одно важное обстоятельство. Ван ден Брук опять изобразил функции известных и теоретических атомных весов, причем в качестве аргумента выбрал «последовательность номеров элементов». Из рисунка видно, что согласно «АВС-кривой», последовательность номеров элементов вплоть до бария (№ 56) соответствует современным; редкоземельным элементам с гафнием отводилось 20 номеров (на самом деле их 16), и поэтому урану соответствует номер 96 (вместо 92). Видно, что для неизвестных тогда технеция (№ 43) и рения (№ 75) оставлены номера 43 и 79.

В мае 1911 г. Резерфорд публикует свою знаменитую работу с выводом формулы для рассеяния α -частиц, исходя из модели «ядерного» атома⁶. Согласно этой модели, атом состоит из массивного положительно заряженного и малого по размерам ядра, окруженного суммарным зарядом, равным заряду ядра (термин «ядро» и знак его заряда

³ Из письма дочери ученого г-жи К. Ф. Витсен-ван ден Брук автору от 12 декабря 1974 г.

⁴ Broek A. van den. Das α -Teilchen und das periodische System der Elemente.— «Ann. d. Phys.», 1907, B. 23, S. 199—203.

⁵ Broek A. van den. Das Mendeleeffsche «kubische» periodische System der Elemente und die Einordnung der Radioelemente in dieses System.— «Phys. Zeitsch.», 1911, B. 12, S. 490—497.

⁶ Rutherford E. The scattering of α - and β -particles by matter and the structure of the atom.— «Phil. Mag.», (6), 1911, v. 21, p. 669—688.



Ван ден Брук с женой и сыном (1900 г.).

были введены Резерфордом позже, в 1912 г.).

В этой работе делался вывод, что величина заряда ядра примерно равна половине атомного веса. В частности, давалась оценка заряда ядра золота — 100 единиц заряда.

Ван ден Брук первым откликается на работу Резерфорда заметкой в «Nature», в которой приходит к заключению, что, согласно результатам Резерфорда и его предположению, «число возможных элементов равно числу возможных постоянных зарядов в атоме, или каждому возможному постоянному заряду (обоих знаков) в атоме соответствует один возможный элемент»⁷.

Легко понять, что нахождение тако-

го общего принципа прямо выводило ван ден Брука на гипотезу о порядковом номере.

В январе 1913 г. была опубликована статья ван ден Брука, которая посвящена обоснованию гипотезы о порядковом номере. «...Порядковый номер каждого элемента в выстроенном по возрастающим атомным весам ряду равен половине атомного веса и также равен внутриатомному заряду»⁸. Вывод гипотезы был сделан ван ден Бруком как независимое эмпирическое обобщение всех известных науке физических данных о зарядах атомов.

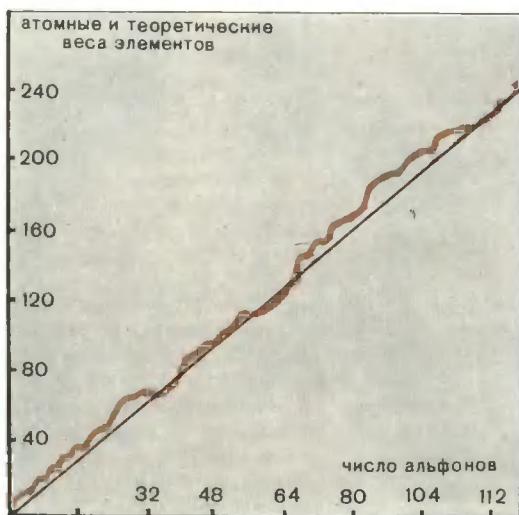
Здесь же впервые было высказано

⁷ Broek A. van den. The number of possible elements and Mendeleeff's «cubic» periodic system.— «Nature», 1911, v. 87, p. 78.

⁸ Broek A. van den. Die Radioelemente, das periodische System und die Konstitution der Atome.— «Phys. Zeitsch.», 1913, B. 14, S. 41.

важное соображение о новых возможных компонентах ядра: «... α -частицы вряд ли могут быть единственными носителями положительного заряда, также как атом гелия не является легчайшим атомом. Согласно гипотезе Праута, атом водорода как одновалентная положительная единица должен быть составной частью α -частицы. В таком случае, в α -частице должны быть кроме атомов водорода еще два электрона ...»⁹.

В письме Н. Бора одному из своих друзей цитируются выдержки из этой



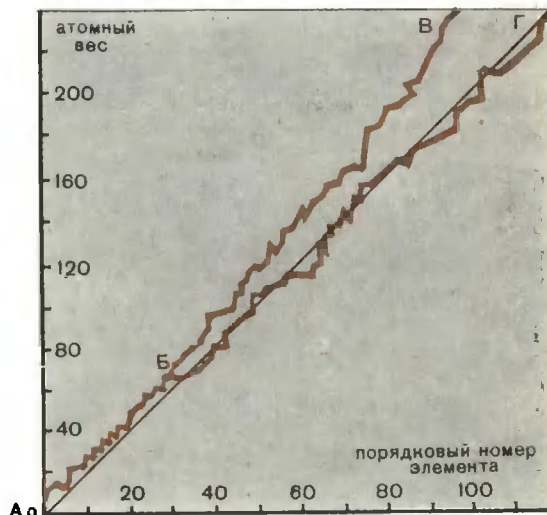
Попытка ван ден Брука изобразить свои «теоретические» [чёрная прямая] и известные [цветная кривая] атомные веса как функция от числа альфонов [1907 г.].

статьи ван ден Брука и подчеркивается, что его работа по структуре атома должна быть быстро закончена, так как «другие занимаются той же проблемой»¹⁰.

В апреле 1913 г. Г. Гейгер и Э. Марсден в результате всесторонней экспериментальной проверки закона рассеяния α -частиц подтвердили модель атома Резерфорда¹¹. Они обнаружили, что число α -частиц испытывает «слабое увеличение

с уменьшением атомного веса». Однако они объяснили этот эффект «почти экспериментальной ошибкой» и заключили, что заряд ядра «равен половине атомного веса с точностью, по-видимому, в 20%». Гипотеза ван ден Брука в работе не упоминалась.

По-видимому, впервые обратил внимание Резерфорда на важность гипотезы Бор при обсуждении в марте 1913 г. своей первой статьи по теории структуры атома, в которой он использовал гипотезу ван ден Брука как один из основ-



Первое представление функциональной зависимости атомных весов от порядковых номеров в Периодической системе Менделеева [кривая АБВ].

ных постулатов. По свидетельству Дж. Хейлброн¹², выполнившего детальное исследование творчества Г. Мозли, в июне 1913 г., во время своего очередного визита в Манчестер, Бор принял участие по крайней мере в одной дискуссии с Г. Мозли, Ч. Дарвином и Д. Хевеши по структуре рентгеновских спектров — зависит ли их строение от атомного веса или от заряда ядра. Известно, что вскоре после этого Мозли по-

⁹ Там же, с. 38.

¹⁰ Цит. по: Hirose T. The A. van den Broek hypothesis.— «Japanese studies in the History of Science», 1971, № 10, p. 162.

¹¹ Geiger H., Marsden E. The law of deflexion of α -particles through large angles.— «Phil. Mag.», (6), 1913, v. 25, p. 604—623.

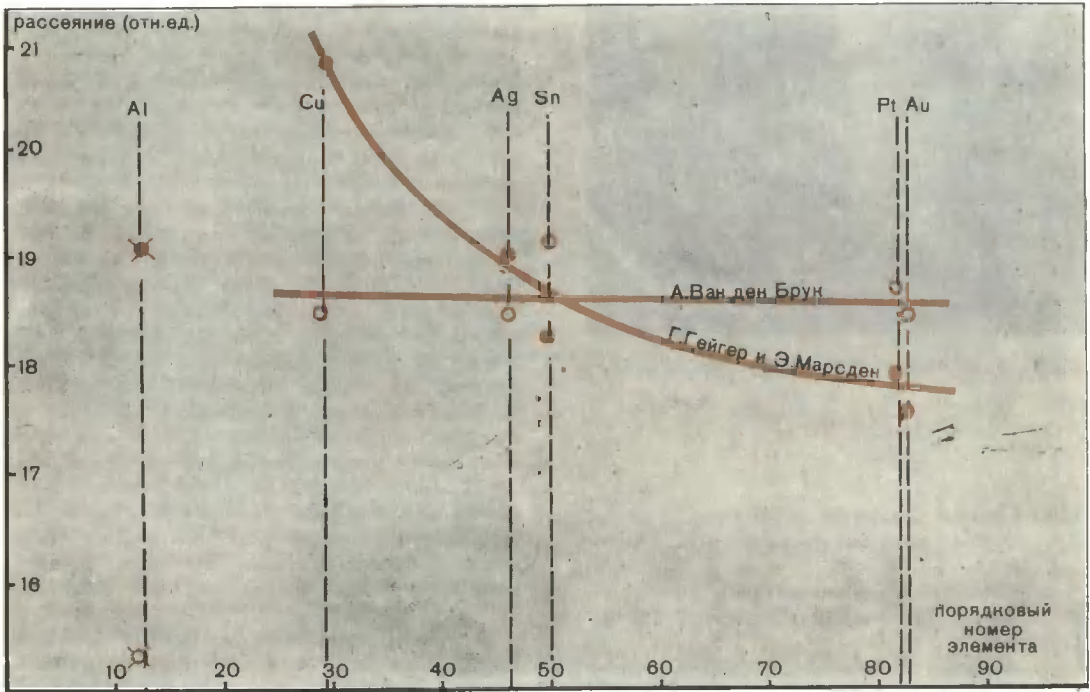
¹² Heilbron J. The work of H. G. J. Moseley.— «Isis», 1966, v. 57, p. 336—364.

лучил одобрение у Резерфорда на проведение экспериментов по систематическому измерению рентгеновских спектров элементов. Так весной летом 1913 г. начался процесс осознания важности гипотезы ван ден Брука и, по-видимому, решающую роль в этом сыграла научная позиция Бора.

В сентябре 1913 г. была опубликована вторая часть работы Бора по атомной структуре, где подтверждалась правильность обобщения ван ден Брука: «Совершенство всех экспериментальных дан-

В своей следующей заметке ван ден Брук поправляет свои первые формулировки гипотезы, отбрасывая связь заряда ядра с атомным весом, и окончательно формулирует ее применительно к системе Менделеева: «Если все элементы расположить в порядке увеличения атомных весов, то номер каждого элемента в таком ряду должен быть равен внутриатомному заряду»¹⁴.

Но ван ден Брук делает гораздо большее. Он доказывает, что «ядерный заряд не равен половине атомного веса».



Пересчет ван ден Бруком результатов экспериментов Г. Гейгера и Э. Марсдена — замена в формуле для рассеяния α -частиц атомного веса на порядковый номер элемента. Видно, что результаты по алюминию выпадают из общей закономерности.

ных подтверждает гипотезу, что действительное число электронов в нейтральном атоме за некоторым исключением равно числу, указывающему место данного элемента в системе элементов, расположенных по возрастающим атомным весам»¹³.

Заменив в расчетах Гейгера и Марсдена атомный вес на порядковый номер как заряд ядра, он получил постоянную величину в полном соответствии с теорией рассеяния Резерфорда.

Те же экспериментальные результаты дали ему возможность вывести два следствия. Прежде всего, уточнить оценку зарядов ядер платины и золота (82 и 83), стоящих после неизвестного тогда числа редкоземельных элементов.

Второе следствие — новая гипотеза ядерных электронов: «Если масса ядра в основном составлена из α -частиц, тогда

¹³ Bohr N. On the constitution of atoms and molecules.—«Phil. Mag.», (6), 1913, v. 26, p. 476—477.

¹⁴ Broek A. van den. Intra-atomic charge.—«Nature», 1913, v. 92, p. 372—373.



Одна из последних фотографий ван ден Брука.

ядро также должно содержать электроны, чтобы компенсировать его лишний заряд»¹⁵.

Оба следствия оказались ошибочными, однако это не было ошибкой ван ден Брука.

Порядковые номера (заряды ядер) платины и золота оказались равными 78 и 79 соответственно. В 1925 г. Резерфорд признал, что экспериментальная установка (Гейгера и Марсдена) не была приспособлена для точного измерения самих зарядов ядер. В какой-то мере это было ясно уже ван ден Бруку, так как он пренебрег данными по алюминию, которые резко отклонялись от общей закономерности.

«Ошибочная» гипотеза ядерных электронов служила науке около 20 лет — до 1932 г., когда в результате открытия нейтрона протон-электронная модель уступила место протон-нейтронной модели ядра.

В следующей статье ван ден Брука приводилось еще одно доказательство гипотезы порядкового номера: разности зарядов ядер урана и свинца в радиоактивном ряду урана, а также тория и висмута в ряду тория равны алгебраической сумме зарядов, уносимых α - и β -частицами при радиоактивных распадах. Кроме того, здесь он привел правильные порядковые номера элементов вплоть до неодима (60). В работе впервые давалась формула для α -частицы « $4(H) + 2$ электрона» и общее число ядерных электронов в уране — 142. Как заглавием статьи, так и ее содержанием ван ден Брук подчеркивал, что ядро, «состоит из» ядерных электронов и α -частиц, что ядерные электроны находятся «внутри» ядра¹⁶.

Последовавшие вскоре отклики на эту работу в полной мере определили ее важность для науки.

Ф. Содди решительно поддержал оба вывода ван ден Брука: «Я считаю точку зрения ван ден Брука, что число, представляющее чистый положительный заряд ядра, есть номер места, которое занимает элемент в периодической таблице, когда все возможные места от водорода до урана последовательно заняты, практически доказанной, поскольку относительная величина заряда для членов конца последовательности от таллия до урана определена... Не может быть сомнения, что центральный заряд атома по теории Резерфорда не может быть чистым положительным зарядом, а должен содержать электроны, как полагает ван ден Брук»¹⁷.

По мнению Содди, работа ван ден Брука позволила ему понять природу изотопии.

Отвечая Содди, Резерфорд напомнил, что он вообще еще не рассматривал строение ядра, кроме установления его результирующего положительного заряда. Он привел аргументы в пользу того, что β -частицы, подобно α -частицам, происходят из ядра (большая энергия и независимость β -превращений от физических и химических условий), и заключает: «Оригинальное предложение ван ден Брука, что заряд ядра равен атомному номеру, а не половине атомного веса,

¹⁶ Broek A. van den. On nuclear electrons.—«Phil. Mag» (6), 1914, v. 27, p. 455—457.

¹⁷ Soddy F. Intra-atomic charge.—«Nature», 1913, v. 92, p. 400.

¹⁵ Там же, с. 373.

кажется мне многообещающим. Эта идея уже была использована Бором в его теории строения атома. Сильнейшее и самое убедительное доказательство в поддержку этой гипотезы будет найдено в работе Мозли в *Phil[osophical] mag [azine]*. в этом месяце...»¹⁸.

Исследованиями Г. Мозли был открыт закон, называемый законом Мозли: частоты V линий рентгеновских спектров элементов выражаются простой зависимостью:

$$\sqrt{\nu} = A(N - a),$$

где N — целые числа, A, a — постоянные. Мозли интерпретировал открытый им экспериментально закон, опираясь на гипотезу ван ден Брука. (Вспомним, что и сами эксперименты Мозли были инициированы этой гипотезой.) Действительно, для алюминия он выбрал постоянные A, a такими, чтобы N было равно 13 — «атомному номеру» (Мозли) этого элемента в Периодической системе. Тогда для остальных изученных элементов эти числа оказались также целыми числами, совпавшими с их «атомными номерами». Мозли сделал заключение, что физической величиной, которая может принимать такие дискретные целочисленные значения и от которой должны зависеть рентгеновские спектры, является заряд ядра.

Сам Мозли определял цель своей работы в январе 1914 г. следующим образом: «Моя работа была предпринята с четкой целью проверить гипотезу ван ден Брука, которую Бор включил как фундаментальную часть своей теории атомной структуры, и результат проверки определенно подтвердил гипотезу»¹⁹.

Так к двум доказательствам самого ван ден Брука было добавлено третье независимое доказательство Мозли.

Всего ван ден Бруком было опубликовано 23 научные работы, из которых 17 (до 1916 г.) были посвящены главным образом структуре Периодической системы и строению атома, а остальные — проблеме изотопии. Его работы по изотопии, хотя и не менее изобретательные, оказались не столь результативными из-за недостатка эксперимен-

тальных данных и, как следствие, из-за принятой им ошибочной экстраполяции генетических закономерностей радиоактивных элементов на всю Периодическую систему.

Избрание в Академию было большой радостью для ван ден Брука. Это позволяло ему легализовать свои занятия наукой и дало импульс дальнейшей работе. В течение всего 1924 г. он работал в Парижской национальной библиотеке, подготавливая очередную публикацию. Но работа продвигалась медленно. Вскоре он заболел. На состояние его здоровья, по-видимому, сильно подействовала смерть при трагических обстоятельствах единственного сына в 1917 г., что отразилось и на публикациях — перерыв с октября 1916 по февраль 1920 г.

Болезнь — анемия (малокровие) — очевидно, была запущена, так как он говорил родным, что если бы он раньше знал об этой болезни, то смог бы вылечить себя сам.

Умер ван ден Брук 25 октября 1926 г.

УДК 53; 92 ван ден Брук

¹⁸ Rutherford E. The structure of the atom.— «Nature», 1913, v. 92, p. 452.

¹⁹ Moseley H. Atomic models and X-ray spectra.— «Nature», 1914, v. 92, p. 554.

Космические исследования

«Союз-22» — новая страница космической летописи

15 сентября 1976 г. в Советском Союзе был произведен запуск космического корабля «Союз-22» с экипажем в составе командира корабля В. Ф. Быковского и бортинженера В. В. Аксенова. Полет корабля проходил по орбите с параметрами: высота в перигее 250 км, высота в апогее 280 км, наклонение 65° , период обращения 89,5 мин.

Полет «Союза-22» проводился по программе сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях. Основная задача полета — изучение и отработка методов и средств исследования природных ресурсов Земли из космоса (эксперимент «Радуга») с помощью многоспектральной фотоаппаратуры высокого разрешения. С этой целью на борту корабля была установлена многоспектральная фотоаппаратура МКФ-6, разработанная специалистами ГДР и СССР и изготовленная на народном предприятии «Карл Цейс Йена» (ГДР).

Программой полета предусматривалась также фотографирование Луны и земного горизонта, проведение эксперимента по исследованию световых эффектов, вызываемых частицами космических лучей в светочувствительных клетках глаза, и других научно-технических и медико-биологических исследований и экспериментов.

В ходе восьмисуточного полета экипаж корабля полностью выполнил предусмотренную программу. С помощью новой фотоаппаратуры получено около 2500 снимков



Экипаж космического корабля «Союз-22»: командир корабля летчик-космонавт СССР В. Ф. Быковский [слева] и бортинженер В. В. Аксенов.
Фото ТАСС.



территории СССР и ГДР в шести участках спектра в диапазоне длин волн 460—890 мкм.

Эксперимент «Радуга» носил комплексный характер: наряду со съемками, производившимися с орбиты, специальные экспедиции вели наземные наблюдения на полигонных участках в Азербайджане, под Красноярском, на Дальнем Востоке, в Ферганской долине. Специалисты ГДР тоже вели наземные наблюдения на полигонных участках как до полета «Союза-22», так и во время него.

Фотографирование с борта «Союза-22» в отдельных районах сопровождалось синхронными съемками с самолетов. Так, с самолета-лаборатории АН-30 Института космических исследований АН СССР, оборудованном фотоаппаратурой МКФ-6, синхронно с космонавтами велись съемки эталонных участков сначала в СССР, а затем в ГДР.

Для дешифрования снимков, полученных в эксперименте «Радуга», народное предприятие «Карл Цейс Йена» изготовило сложный оптический прибор — многоспектральный

проектор типа МСП-4, обеспечивающий высокоточное совмещение снимков и синтезированные цветные изображения. Прибор позволяет из четырех снимков с фотоаппаратуры МКФ-6 получать увеличенное в 5 раз единое цветное изображение. Кроме того, комбинируя светофильтры и интенсивность освещения исходных снимков, можно получать синтезированные изображения участков земной поверхности как в естественных, так и в условных цветах.

Создание уникальной космической фотоаппаратуры, успешное проведение эксперимента «Радуга» позволяют широко применять съемки с орбиты для самых разнообразных исследований земной поверхности и использовать результаты этих исследований в науке и народном хозяйстве.

Во время полета экипаж «Союза-22» выполнил ряд научно-технических экспериментов по исследованию физических характеристик околоземного космического пространства. Космонавты фотографировали Луну при ее заходе и восходе над земным горизонтом, вели съемки с целью изучения оптических свойств атмосферы Земли. В ходе медико-биологических экспериментов в условиях орбитального полета с помощью прибора «биографи-

стат» изучалось влияние невесомости и различных динамических возмущений на формирование проростков высших растений; исследовались рост и развитие мальков рыб.

После завершения программы полета 23 сентября 1976 г. космонавты В. Ф. Быковский и В. В. Аксенов в спускаемом аппарате «Союза-22» совершили мягкую посадку в расчетном районе территории Советского Союза, в 150 км северо-западнее Целинограда.

Космические исследования

«Интеркосмос-16»

27 июля 1976 г. в Советском Союзе в соответствии с программой международного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства произведен запуск спутника «Интеркосмос-16». Спутник выведен на орбиту с параметрами: высота в перигее 465 км, высота в апогее 523 км, наклонение 50,6°, период обращения 94,4 мин.

Основная цель запуска спутника — исследование коротковолнового ультрафиолетового и рентгеновского излучений Солнца и влияния этих излучений на структуру верхней атмосферы Земли. На борту спутника установлена научная аппаратура, разработанная в ГДР, СССР, ЧССР и Швеции.

«Интеркосмос-16» — пятый спутник в «солнечной» серии «Интеркосмосов»; он продолжит исследования, начатые спутниками «Интеркосмос-1, 4, 7, 11». С учетом накопленного опыта и результатов предыдущих исследований научная аппаратура «Интеркосмоса-16» усовершенствована; кроме того, на спутнике установлен новый прибор, разработанный Шведской космической корпорацией, с помощью которого астрономы Лундской обсерватории (Швеция) совместно с астрономами Крымской астрофизической обсерватории (СССР) планируют исследовать поляризацию резонансных линий в дальнем

ультрафиолетовом диапазоне, что поможет изучить очень узкую область, расположенную между короной и хромосферой Солнца.

Рентгеновский спектрогелиограф, созданный в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР, предназначен для измерений рентгеновского линейчатого спектра и получения рентгенограмм; прибор позволит исследовать наиболее горячие области Солнца и отдельные образования на его диске. Будет продолжена регистрация рентгеновского излучения Солнца (прибор Астрономического института АН ЧССР) и его излучения в дальней ультрафиолетовой области (Институт электроники АН ГДР). Оба эти института ставят также интересный эксперимент по измерению поглощения солнечного излучения в рентгеновском, ультрафиолетовом и оптическом диапазонах в момент захода спутника в тень Земли. Такие измерения дадут возможность исследовать свойства верхней атмосферы Земли, в частности распределение молекулярного кислорода и озона.

«Интеркосмос-16» — последний в серии малых спутников; в дальнейшем будут запускаться спутники второго поколения — автоматические универсальные орбитальные станции (АУОС), обладающие более широкими возможностями для исследований. Первый спутник из новой серии («Интеркосмос-15») был запущен 19 июня 1976 г. и предназначен для испытаний в космических условиях новых систем и агрегатов.

Космические исследования

«Луна-24»

Для продолжения исследований Луны и окололунного пространства 9 августа 1976 г. в Советском Союзе был произведен запуск автоматической станции «Луна-24».

Станция стартовала к Луне с орбиты искусственного спутника Земли. 11 августа

была осуществлена коррекция траектории перелета; это обеспечило выход станции в заданную точку окололунного пространства, где 14 августа была включена двигательная установка на торможение, и станция перешла на круговую селеноцентрическую орбиту с высотой над поверхностью Луны 115 км, наклонением 120° и периодом обращения 1 ч. 59 мин.

Путем коррекции селеноцентрической орбиты станция «Луна-24» 16—17 августа была переведена на эллиптическую орбиту с высотой в апоселении 120 км и в периселении 12 км. 18 августа 1976 г. в 9 ч 30 мин по московскому времени был включен тормозной двигатель, станция перешла в режим управляемого снижения и через 6 мин совершила мягкую посадку в юго-восточном районе Моря Кризисов в точке с координатами 12°45' с. ш., 62°12' в. д.

«Луна-24» прилунилась вблизи береговой линии, ограничивающей равнинную, «морскую», поверхность от окружающих ее лунных гор. К югу от Моря Кризисов протянулась сравнительно узкая полоса гористой местности, за которой лежит впадина Моря Изобилия. В пределах этой полосы, в 300 км к юго-юго-западу, находится место посадки станции «Луна-20», доставившей в феврале 1972 г. образцы лунных пород на Землю.

По команде с Земли после посадки станции грунтозаборное устройство произвело бурение на глубину свыше 2 м. На расстоянии около 800 мм от исходного положения зарегистрировано сопротивление буровой коронки с относительно плотным грунтом. На глубине более 1200 мм прочность грунта заметно увеличилась; нагрузка на приводы бура возросла, и он автоматически менял способы бурения — с вращательного на ударно-вращательный, и наоборот. Это означает, что коронка встретила монолитные материалы. Далее наступил устойчивый вращательный режим бурения, продолжавшийся до отметки 1600 мм. С глубины от 1600 до 2200 мм враща-

тельный режим снова чередовался с вращательно-ударным. Затем бур прошел плотные слои грунта с отдельными включениями монолитных фрагментов и автоматически выключился на отметке 2600 мм.

Взяты образцы лунной породы были помещены в контейнер возвращаемого аппарата космической ракеты и загерметизированы.

19 августа 1976 г. в 8 ч 25 мин по московскому времени космическая ракета станции «Луна-24» стартовала к Земле, используя оставшуюся на Луне посадочную ступень в качестве стартовой платформы. 22 августа она со второй космической скоростью приблизилась к Земле. В расчетное время произошло отделение возвращаемого аппарата, который после участка азродинамического торможения с высоты 15 км снижался на парашюте и в 20 ч 55 мин совершил посадку в расчетном районе территории Советского Союза в 200 км юго-восточнее г. Сургута.

Лунный грунт из Моря Кризисов, благополучно доставленный на Землю, был передан специалистам Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР для исследований.

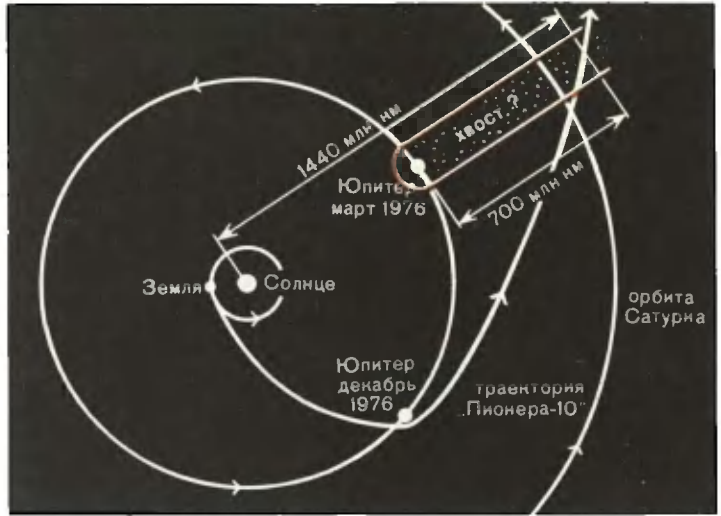
Доставка образцов грунта из нового района Луны — громадный научно-технический успех советской космонавтики, важный вклад в мировую науку.

С. А. Никитин
Москва

Астрофизика

Магнитный хвост Юпитера

По сообщению Дж. Вольфа (Исследовательский центр НАСА, США), в марте 1976 г. космический аппарат «Пионер-10» обнаружил огромный магнитный хвост планеты Юпитер, вытянутый на ~700 млн км и выходящий за орбиту Сатурна. В течение 24 ч установленный на борту прибор для



Залпущенный 2 марта 1972 г. «Пионер-10» в настоящее время уходит за пределы Солнечной системы после пролета вблизи Юпитера в конце 1973 г. В марте 1976 г. аппарат пересекает так называемый магнитный хвост Юпитера.

регистрации солнечного ветра давал нулевые показания, указывая, что магнитная оболочка хвоста преграждала путь заряженным частицам солнечного ветра.

Существование хвоста Юпитера предполагалось с того момента, когда более 10 лет назад с помощью спутников с сильно вытянутой орбитой (типа «Эксплорер») был обнаружен подобный, но более короткий хвост магнитосферы Земли.

«Пионер-10» находился, на расстоянии примерно в шесть угловых градусов над плоскостью орбиты Юпитера. Так как солнечный ветер распространяется от Солнца радиально (со скоростью ~500 км/с), магнитный хвост Юпитера должен большую часть времени находиться в орбитальной плоскости этой планеты. Однако измерения на аппаратах серии «Пионер» показали, что солнечный ветер турбулизован вплоть до орбиты Сатурна, поэтому пересечение хвоста с космическим аппаратом «Пионер-10» можно легко объяснить отклонением хвоста вверх. Сам Сатурн должен пе-

ресекать магнитный хвост Юпитера каждые 20 лет (следующее пересечение ожидается в апреле 1981 г.). Это повлечет возмущения во внешнем радиационном поясе Сатурна, которые можно будет наблюдать с помощью радиоприемников проходящих космических аппаратов.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 5, p. 325 (США).

Астрофизика

Химический состав Солнца

Л. Аллер (США) и Дж. Росс (Австралия), обобщив результаты, полученные исследователями в разных странах мира, опубликовали наиболее полные данные об относительном содержании химических элементов на Солнце (всего для 72 элементов). В основе использованных материалов лежат измерения интенсивностей линий спектра солнечной фотосферы, солнечных пятен, хромосферы, солнечной короны в видимой, дальней ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра; кроме того, присутствие некоторых химических элементов изучалось непосредственно по составу солнечного ветра и

космических лучей солнечного происхождения.

Согласно выводам Аллера и Росса, в солнечной атмосфере на каждый 1 млн атомов водорода приходится 63 тыс. атомов гелия и 690 атомов кислорода. К числу следующих наиболее обильных элементов относятся: углерод (420), азот (87), кремний (45), магний (40), неон (37), железо (32), сера (16), кальций (2,2), никель (1,9), аргон (1,0) (в скобках — число атомов элемента, приходящееся на 10^6 атомов водорода).

Точность приведенных чисел неодинакова; в частности, данные для гелия и железа пока недостаточно надежны. Однако в общем относительное содержание малолетучих элементов в солнечной атмосфере примерно соответствует их относительному содержанию в углистых хондритах. Четко прослеживающийся недостаток лития, бериллия и бора в солнечной атмосфере объясняется их разрушением в недрах Солнца в результате ядерных реакций.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 6, p. 380 (США).

Астрофизика

Окись углерода в соседней галактике

Австралийский радиоастроном Ф. Гарднер совместно с Т. Филлипсом, Т. Джиллеспаем (Лондонский университет, Великобритания) и С. Ноулесом (Морская исследовательская лаборатория, США) с помощью нового 153-дюймового телескопа англо-австралийской обсерватории открыли молекулы окиси углерода в Большом Магеллановом Облаке. Это первый случай обнаружения СО в другой галактике, помимо нашей.

Хотя 153-дюймовый телескоп — оптический инструмент, в данном случае он использовался как радиотелескоп: в фокусе его первичного зеркала был установлен приемник миллиметрового диа-

пазона. Излучение молекул СО на волне 2,6 мм шло от туманности N159, находящейся неподалеку от хорошо известной туманности Тарантул в Большом Магеллановом Облаке.

В нашей Галактике в областях, испускающих излучение СО, как правило, присутствуют сложные органические молекулы и происходит интенсивное звездообразование. Возможно, что излучение СО в Большом Магеллановом Облаке свидетельствует об аналогичных процессах в соседней звездной системе.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 5, p. 324 (США).

Астрофизика

Радиокарта ядра галактики NGC 1275

Группе радиоастрономов из США и ФРГ удалось построить карту распределения интенсивности радиоизлучения в ядре активной галактики NGC 1275. Исследование выполнялось методом радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой, когда один и тот же объект наблюдается на радиотелескопах, разнесенных друг от друга на многие тысячи километров. В данном случае работа велась на 100-метровом (Эффельсберг, ФРГ), 43-метровом (Грин-Бэнк, США), 26-метровом (Форт-Дэвис, США) и 40-метровом (Биг-Пайн, США) радиотелескопах. Большое пространственное разделение инструментов обеспечивало на волне 2,8 см разрешение 0,00025".

По имеющимся оценкам, расстояние до NGC 1275 составляет 326 млн световых лет. На таком расстоянии дуге в 0,0001" соответствует линейное расстояние в 1,76 световых года. Столь высокая разрешающая способность позволила выявить в ядре галактики три интенсивно испускающие радиоволны области размерами всего в несколько световых лет; при этом боль-

шая часть излучения наиболее яркой детали исходит из области поперечником не более 0,3 световых года.

Все три радиоярких области лежат на одной прямой, совпадающей с направлением, вдоль которого вытянуты и многие другие структурные детали галактики, наблюдаемые как в оптических, так и в радиолучах. Это наводит на мысль, что «растягивание» NGC 1275 и в малых масштабах (несколько световых лет), и в больших (сотни и тысячи световых лет) обязано своим происхождением одному и тому же механизму.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 6, p. 380—381 (США).

Астрофизика

Черная дыра или «тучная» нейтронная звезда!

Ранее предполагалось, что рентгеновский источник Лебедь X-1 — это черная дыра, так как он представляет собой сколлапсированный объект, являющийся компонентом спектральной двойной системы с периодом обращения 5,6 сут и массой от 3 до 8 солнечных масс. (А по расчетам максимальная масса устойчивой нейтронной звезды лежит в пределах 1,7—3 солнечных масс.)

Однако К. Бречер и Дж. Капорасо (Массачусетский технологический институт, США) возражают против такой точки зрения. Они рассчитали модели нейтронных звезд при условии, что скорость звука в их недрах равна скорости света, а существующие представления о ядерной материи применимы и для более низких плотностей. В этих условиях нейтронная звезда может достигать массы в 5 солнечных масс. Поэтому, возможно, что Лебедь X-1 — это «тучная» нейтронная звезда. По мнению Бречера, даже обнаружение сколлапсированного объекта

с массой, превышающей 5 солнечных масс, еще не может свидетельствовать о безусловном существовании черных дыр.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 6, p. 380 (США).

Селенология.

Расположение лунных морей

Дж. Б. Хартунг (Университет штата Нью-Йорк, США) предложил гипотезу, объясняющую асимметрию в расположении лунных морей на видимой и невидимой сторонах нашего естественного спутника. Такая асимметрия, по его мнению, связана с гравитационными силами Земли, которые влияли на расплавленную лаву, образовывавшую ложе лунных морей.

Сейчас действие приливных сил на Луне, вызываемое притяжением Земли, почти одинаково как на видимой, так и на обратной ее стороне, но на ранней стадии развития этой системы, когда оба небесных тела были расположены много ближе друг к другу, различие было значительным. При расстоянии, составлявшем одну треть нынешнего, притяжение на видимой стороне Луны в 100 раз превышало его величину на обратной, а при расстоянии в одну десятую оно возрастало в 10 тыс. раз.

В случае, если источники базальтовых лав на Луне были связаны между собой, такое различие в силах тяготения должно было неизбежно приводить к излияниям в сторону наибольшего притяжения. Эти же причины должны были вызывать смещение центра масс Луны в сторону Земли. Как показывают наблюдения, центр масс Луны действительно расположен примерно на 2 км ближе к Земле, чем ее геометрический центр.

«Science News», 1976, v. 109, № 18, p. 282 (США).

Планетология

Сколько каналов на Марсе?

Внимательно изучив многочисленные снимки Марса, сделанные с помощью наземных приборов, К. Саган и П. Фокс (Корнелльский университет, США) пришли к выводу, что на Марсе существует 6 каналов, реальность которых не вызывает никаких сомнений. Саган и Фокс отметили, что термин «канал» применяется к различным типам особенностей марсианской поверхности. Это могут быть широкие темные полосы, неоднократно фиксированные на снимках. Кроме того, наименование «каналов» получили тонкие темные линии, опоясывающие Марс по дугам больших кругов и тянущиеся иногда на тысячи километров.

Саган и Фокс изготовили точную копию карт Марса, полученных на Ловелловской обсерватории (США) известным наблюдателем Э. Слайфером и содержащих сеть марсианских каналов. Затем эти карты были наложены на мозаику из высококачественных фотографий марсианской поверхности, переданных космическим аппаратом «Маринер-9» и имеющих разрешение около 1 км. Тщательное сравнение фотографий и карт показало, что сеть каналов, зафиксированная на картах, очень слабо коррелирует с реальными особенностями топографии или отражательной способности марсианской поверхности. Лишь в двух случаях можно уверенно говорить о совпадении.

Таким образом, только малая часть классических марсианских каналов, нанесенных на карты Ловеллом, отождествлена с реальными деталями топографии или отражательной способности марсианской поверхности. Подавляющее же большинство их представляет собой иллюзию, порожденную визуальным методом наблюдения.

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 2, p. 98—100 (США).

Метеоритика

Наблюдения метеоров, связанных с кометой Когоутека

Орбита кометы Когоутека (1973f) дважды сближалась с орбитой Земли: 2—4 декабря 1973 г. и 1—3 марта 1974 г. В первом случае Земля проходила точку сближения орбит примерно на 2 месяца раньше кометы, во втором — на 3 месяца позже. В эти периоды сотрудники астрономической обсерватории Киевского государственного университета предприняли попытки обнаружить метеоры, связанные с кометой Когоутека. Наблюдения во время первого сближения не дали положительных результатов. Наблюдения же с 28 февраля по 4 марта 1974 г., проведенные на Горной солнечной обсерватории СибИЗМИРАНа (Бурятская АССР), выявили в ночь с 1 на 2 марта метеоры со средней звездной величиной 3,5—4,5. При этом в среднем фиксировалось по 1,2 метеора в час.

Согласно выводам А. К. Терентьевой, В. Г. Кручиненко и С. С. Тряшина (Киевская астрономическая обсерватория), метеорное вещество в той части орбиты кометы, которую Земля прошла ночью 2 марта 1974 г., представлено мелкими частицами, их скорость — 42,7 км/с, а пространственная плотность — $1,7 \cdot 10^{-9}$ частиц/км³, что соответствует среднему расстоянию между частицами ~830 км.

«Астрономический вестник», 1976, т. X, № 1, с. 70—71.

Метеоритика

Болид над Европой

2 марта 1976 г. в 19 ч 12 мин всемирного времени над восточной частью ЧССР появился болид, по яркости превышавший полную Луну. Он был сфотографирован на

11 станциях Европейской бо- лидной сети. В максимуме яр- кости его звездная величина составляла —13. Болид был ви- ден в течение 5,9 с, за ко- торые он прошел в атмосфере путь в 88 км.

Согласно предвари- тельным расчетам Зд. Цепле- хи и М. Ежковы (Ондржейов- ская обсерватория, ЧССР), бо- лид появился на высоте 77 км и исчез на высоте 32 км; ско- рость его уменьшилась с 16,5 до 6,3 км/с. Во время полета болида от основного тела отделились 4 небольших куска; снимки показали даль- нейшее дробление тела на множество обломков. Возмо- жно, небольшой метеорит упал на землю в точке с прибли- женными координатами 14° 18'6 в. д., 49°38'6 с. ш. (примерно в 50 км южнее Праги).

Полученные спектры болида указывают на присут- ствие железа, натрия, каль- ция, магния, хрома, алюми- ния, кремния; имеются так- же окись железа, молекуляр- ный азот, циан.

Перед встречей с Зем- лей метеорное тело, породив- шее болид, обращалось вок- руг Солнца по эллиптической орбите с небольшим эксцентри- ситетом. В перигелии тело на- ходилось в 146 млн км от Солн- ца и прошло эту точку за 24 дня до встречи с Землей; в афелии его расстояние от Солнца составляло 190 млн км

«Sky and Telescope», 1976, v. 51, № 5, p. 324—325 (США).

и внутренней — из ванадий-гал- лиевой ленты, создающей маг- нитное поле 4Т. Рабочая тем- пература магнита 4,2 К; на расстоянии 5 см поле одно- родно с точностью до 1%.

Продвинуться в область более высоких магнитных по- лей позволили успехи, достиг- нутые в технологии производ- ства ванадий-галлиевого сверх- проводника, который по току- несущей способности в полях свыше 10 Т существенно пре- восходит материалы на основе соединения ниобий — олово. Мощность, потребляемая этим магнитом и его криогенным оборудованием, меньше 2 кВт, в то время как медный маг- нит, дающий такое же поле, потреблял бы несколько де- сятков МВт.

Одна из основных обла- стей применения этого ре- кордного магнита — испытание новых сверхпроводящих мате- риалов, необходимых для со- здания еще более сильных по- лей. Специалисты считают, что создание сверхпроводящего магнита на 20 Т — дело бли- жайшего будущего.

Следует отметить, что абсолютный мировой рекорд (создание постоянного магнит- ного поля 24,8 Т) принадле- жит советскому «гибридному» соленоиду, состоящему из нормальной и сверхпроводя- щей секций, который постро- ен в Институте атомной энер- гии им. И. В. Курчатова в 1973 г.¹

«Physics Today», 1976, v. 29, № 6, p. 19 (США).

Физика

Самый сильный сверх- проводящий магнит

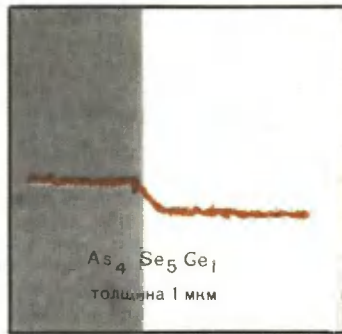
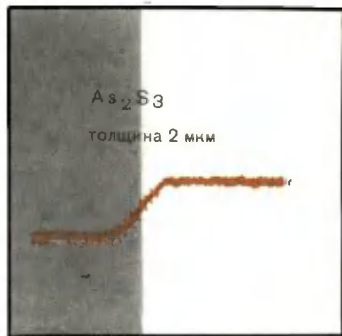
Фирма «Интермагнетик Дженерал» (США) изготовила самый сильный в мире сверх- проводящий магнит: в цилин- дрическом объеме диаметром 31 мм и высотой 23 см он создает магнитное поле 17,5 Т. Магнит состоит из двух сек- ций: внешней, выполненной из ниобий-оловянной ленты и, дающей поле порядка 13,5 Т,

Физика

Новый фотомехани- ческий эффект

Х. Хаманака, К. Тана- ка, А. Мацуда и С. Иидзима (Япония), исследуя воздей- ствие света на пленки полупро-

¹ Подробнее об этом см.: Черемных П. А. Сверх- сильные магнитные по- ля. — «Природа», 1974, № 12, с. 9.



Запись вертикального положения измерительного острья при его движении по пленке. Цена деления по горизонтали — 50 мкм, по вертикали — 100 А.

водниковых стекол As_2S_3 и $As_4Se_5Ge_1$, обнаружили но- вый эффект: под влиянием светового излучения пленки первого материала утолща- лись, а второго — станови- лись тоньше.

Пленки получали, осаж- дая пары исходных компо- нентов на стеклянную подлож- ку и проводя затем стабили- зирующую термообработку. В экспериментах, проводив- шихся при комнатной темпе- ратуре, в качестве источника света использовали ксеноновую лампу мощностью 500 Вт, инфракрасную составляющую света которой отфильтровыва- ли во избежание перегрева образцов. Затем половину пленки оставляли открытой, а другую закрывали от света лезвием бритвы. После экспозиции толщину пленок изме- ряли прямым методом: по поверхности образца переме- щалось легкое острие, его

вертикальное передвижение регистрировалось на ленте самописца. На границе раздела света и тени толщина пленки скачком изменялась (абсолютная величина скачка очень мала — 40—80 Å). Вызываемое светом изменение толщины пленок тем больше, чем эти пленки толще, однако относительное изменение толщины оставалось примерно постоянным: +0,4% для пленок As_2S_3 и — 0,2% для пленок As_2Se_3 , Ge_1 . Таким образом, новый эффект не поверхностный, а объемный. Термообработка при температурах 170—190°C устраняет вызванные светом объемные изменения.

Пока нет последовательного объяснения нового эффекта, однако ясно, что его причина заключена в перестройке электронной структуры полупроводниковых стекол, что приводит к изменению сил взаимодействия между атомами и, следовательно, к объемным изменениям.

«Solid State Communications», 1976, v. 19, № 6, p. 499 (Великобритания)

Молекулярная биология

Полностью расшифрована структура живого организма

Группа ученых из Лаборатории молекулярной биологии Гентского университета (Бельгия) завершила многолетнюю работу по определению полного химического строения бактериофага MS2¹. Этот бактериофаг принадлежит к числу наиболее просто устроенных вирусов. При заражении клетки вирус производит всего три белка: белок оболочки, фермент репликазы и А-белок. Генетическая информация о строении этих трех белков заключена в однонитчатой РНК, которая служит одновременно информационной РНК, т. е. непосредственно с нее идет трансляция — синтез белка на

рибосоме при заражении вирусом клетки-хозяина.

Эта РНК, полная расшифровка последовательности которой теперь завершена, содержит 3569 нуклеотидов. 129 нуклеотидов с 5'-концевого участка цепи не транслируется. Затем следуют 1179 нуклеотидов, кодирующих последовательность аминокислотных остатков в А-белке. Далее идет нетранслируемый промежуток из 26 нуклеотидов, за которым следует участок из 390 нуклеотидов, кодирующий белок оболочки. После промежуток из 36 нуклеотидов идет участок из 1635 нуклеотидов, кодирующий репликазу, за которым следует 3'-концевой нетранслируемый участок длиной в 174 нуклеотида. С помощью генетического кода по нуклеотидной последовательности установлена аминокислотная последовательность всех трех белков. Для А-белка и белка оболочки эта последовательность определена также непосредственно. Оба способа дали тождественные результаты.

Таким образом, впервые установлено полное химическое строение живого организма. Правда, как и все вирусы, бактериофаг MS2 не может размножаться автономно, вне живой клетки, так как в его размножении участвуют многочисленные молекулы этой клетки, а химическое строение многих из них пока еще не раскрыто. Тем не менее определение полной химической структуры даже такого простейшего организма — крупная веха в развитии биологии и естествознания в целом.

М. Д. Франк-Каменецкий

Доктор физико-математических наук
Москва

Молекулярная биология

Интерферон синтезирован в бесклеточной системе

Группа исследователей во главе с С. Песткой (Институт молекулярной биологии

штата Нью-Джерси, США) осуществила синтез интерферона в бесклеточной системе¹.

Интерферон — белок, обладающий антивирусной активностью, — был открыт английским биологом А. Айзексом в 1957 г.² С тех пор он интенсивно исследовался во многих лабораториях. Было установлено, например, что синтез интерферона можно стимулировать, вводя в клетки различные вирусы, двуцепочечные РНК и некоторые другие чужеродные агенты.

Пестка с соавторами попытались выделить специфичную для интерферона информационную, матричную РНК (мРНК) из клеток фибробластов человека. Однако оказалось, что этой мРНК в нормальных фибробластах содержится крайне мало и процедура выделения мРНК неэффективна. Исследователям удалось заставить клетки фибробластов интенсифицировать синтез мРНК, специфичной для интерферона. С этой целью они ввели в клетки искусственный двуцепочечный полинуклеотид, так называемый полиИ-полиЦ. В результате образование нужной мРНК увеличилось во много раз и исследователи выделили частично очищенный препарат такой мРНК.

Полученную таким образом мРНК вводили в бесклеточную систему из клеток мыши, содержащую рибосомы, транспортные РНК, необходимые белковые факторы и т. д., и выдерживали в ней в течение часа. После инкубации в такой системе был обнаружен белок со всеми характерными свойствами интерферона человека.

Синтезированный в пробирке интерферон, как и естественный интерферон, обладает видовой специфичностью. Так, интерферон человека те-

¹ «Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 1975, v. 72, № 10, p. 3898—3901.

² «Proceedings of the Royal Society. Ser. B», 1957, v. 147, p. 258—267.

¹ «Nature», 1976, v. 260, № 5551, p. 500.

ряет антивирусную активность в культуре клеток цыпленка или мыши. Самым убедительным доказательством, что *in vitro* был синтезирован интерферон человека, служат данные иммунологи. Пестка с соавторами установили, что анти-сыворотка к интерферону человека полностью нейтрализует активность синтезированного в бесклеточной системе интерферона.

Работа Пестки — первое сообщение о синтезе активного белка в бесклеточной системе, полученной из тканей эукариот и зависимой от экзогенной (чужеродной) мРНК.

А. П. Сургучев

Кандидат биологических наук
Москва

Эпидемиология

Броненосец — раз-носчик проказы

Несколько лет назад в лабораторных условиях была доказана возможность искусственного заражения броненосца (отряд *Edentata*) возбудителем человеческой проказы (*Mycobacterium leprae*). Это впервые позволило приступить к систематическому изучению в экспериментальных условиях болезни, которой все еще страдает на земном шаре около 15 млн человек.

В 1976 г. та же группа специалистов, возглавляемая Э. Сторрс и Дж. У. Уолшем (Южный исследовательский институт Мексиканского залива, штат Луизиана, США), совместно с врачами Карвиллской больницы (Карвилл, штат Луизиана), обнаружила, что броненосец болеет «человеческой» проказой и в естественных условиях.

Деятикольцовый броненосец сравнительно недавно расселился в южных штатах США. Впервые он мигрировал из Мексики в Техас, Луизиану, Флориду, Арканзас и Алабаму в первой половине нашего века вслед за волной потепле-

ния, охватившей в это время северное побережье Мексиканского залива. Его распространению способствовали и фермеры: они охотно приобретали броненосцев, поскольку те поедают насекомых, вредящих посевам.

У семи отловленных в малонаселенных районах Луизианы броненосцев были обнаружены повреждения кожных покровов, разрастание лимфатических узлов, отмирание нервных окончаний, повреждение селезенки и печени. Микроскопические и биохимические анализы показали присутствие в организме животных возбудителей «человеческой» проказы.

Известно, что для роста возбудителей проказы необходима более низкая температура, чем свойственная внутренним органам человека. Поэтому болезнь обычно охватывает кожный покров и конечности. У броненосцев же нормальная температура находится в пределах 30,5—33,3°C и, очевидно, удовлетворяет потребностям развития возбудителей проказы во всем теле.

Важность открытия состоит не только в том, что необходимо принять срочные меры против контакта людей с потенциальными переносчиками страшной болезни (в частности, пришлось запретить вошедший в моду среди студентов Техасского университета обычай содержать броненосцев в общежитиях как домашних животных).

Наиболее существен тот ранее неизвестный факт, что в природе постоянно существует резервуар бацилл проказы, делающий это заболевание эндемичным. По сей день на юге США, несмотря на все принимаемые меры, более 3 тыс. людей страдает проказой, распространение которой, казалось бы, должно было полностью прекратиться с массовым применением антибиотиков. Очевидно, бытовавшие донные представления, будто проказа передается лишь при длительном контакте с больным человеком, совершенно ошибочны.

Сейчас ведутся исследования с целью установить, не являются ли также носителями

бактерий проказы насекомые, служащие пищей броненосцам. Особенное внимание исследователей привлекают обитатели рисовых полей, так как, во-первых, броненосцы чаще водятся в заболоченной местности, а, во-вторых, медицинская статистика давно указывала на большую распространенность проказы в районах рисосеяния.

«Journal of Reticuloendothelial Society», 1976, v. 18, No 6, p. 7 (США).

Медицина

Новый вид сыворотки от змеиного укуса

С конца прошлого века против укуса змеи широко применяется сыворотка, основанная на антителах, вырабатываемых в крови лошади, получившей инъекцию змеиного яда. Однако в последние десятилетия замечено постепенное падение эффективности такой сыворотки, особенно в случаях срочного применения.

Это объясняется тем, что слишком много различных сывороток изготавливается на основе лошадиной крови и у большого числа пациентов в организме выработались антитела против самих сывороток. В результате все чаще при их введении наблюдается аллергическая реакция, иногда приводящая к смертельному исходу. Врач часто стоит перед дилеммой: вводить пациенту сыворотку немедленно, рискуя вызвать аллергическую реакцию, или сначала брать кровь на анализ, теряя при этом время, за которое змеиный яд дальше распространится в организме укушенного.

Решение проблемы предлагают американские исследователи Р. Стрейт и С. С. Снайдер (Университет штата Юта). Они обратили внимание, что кровь гадюк и гремучих змей обладает свойством противоядия, которое и позволяет им хранить в железах и зубных каналах яд,

остающийся для них самих безвредным.

Исследователи экспериментально установили, что белковый фактор (или несколько таких факторов) в кровяной плазме гремучих змей активно нейтрализует змеиный яд, обычно смертельный для мышей и кроликов. Причем действие такого белкового фактора значительно быстрее, чем любой противозмеиной сыворотки.

«Science News», 1976, v. 109, № 22, p. 341—342 (США).

Зоология

Острота зрения у соколиных

Р. Фокс, С. У. Лемкюле и Д. Х. Уэстендорф (Университет Вандербильта, Нашвилл, штат Теннесси, США) провели эксперимент по проверке остроты зрения у соколиных.

Пустельга (*Falco tinnunculus*), как и все пернатые, принадлежащие к соколиным, обладает чрезвычайно высокой остротой зрения: крошечное насекомое она может заметить с высоты 18 м и немедленно пикирует на него. Более крупные представители соколиных видят мелких грызунов с высоты 1500 м. Однако эти данные были основаны главным образом на полевых наблюдениях и требовали проверки.

В ходе эксперимента ручная пустельга находилась в помещении с двумя насестами. Перед одним было окошко с вертикальной решеткой, перед другим — ложное окошко из материала, аналогичного решетке. Пищу (мясо) давали птице только в том случае, если она садилась перед зарешеченным окошком. Со временем экспериментаторы предъявляли птице все более узкие решетчатые полосы. Когда в конце концов пустельга перестала отличать гладкую поверхность от зарешеченной, оказалось, что острота ее зрения

превышает человеческую в 2,6 раза, т. е. подобна той, с которой человек смог бы прочесть таблицу, вывешиваемую в кабинете врача-офтальмолога, с расстояния 100 м или обычный дорожный знак — с 800 м.

Эксперимент, таким образом, подтвердил мнение о высокой остроте зрения соколиных, но опроверг завышенные оценки, согласно которым она превосходит человеческую в 8—10 раз.

«Science News», 1976, v. 109, № 18, p. 282 (США).

Зоология

Новое о поведении медведей

Пятилетние наблюдения А. Стокса (Университет штата Юта, США) за поведением бурых медведей в заповеднике на Аляске (McNeil River State Game Sanctuary) меняют некоторые традиционные представления об их образе жизни. Стокс утверждает, что бытующее мнение о необщительности и даже агрессивности бурых медведей не совсем справедливо.

Ежегодно, когда по р. Мак-Нил поднимаются лососи и начинают метать икру, на берегу реки в определенном месте собираются до 70 медведей. Привлеченные обильной и вкусной пищей, они устраивают своеобразный праздник, длящийся около месяца. В это время медведи настроены очень миролюбиво как по отношению друг к другу, так и по отношению к людям, ведущим за ними наблюдения.

На кинолентку были сняты разнообразные моменты из жизни медведей в этот период, отражающие характер их взаимоотношений, способы общения. Установлено, что у медведей существует особый язык жестов и поз, позволяющий им «обмениваться новостями». Например, припадая особым образом к земле, медведь сигнализирует сородичам об опасности. Стокс описал также позы, с помощью

которых медведи высказывают желание поиграть, предупреждают о своем нападении и т. д.

«Science News», 1976, v. 109, № 7, p. 108 (США).

Планетология

Древнейшие позвоночные

До недавнего времени наиболее древними из ископаемых остатков позвоночных считались гетеростраки — бесчелюстные, покрытые пластинчатым панцирем животные, которых специалисты относят к эпохе среднего ордовика. Окаменелые остатки их скелетов неоднократно находили в песчаниках штата Колорадо (северо-запад США) и в других районах, занятых во времена палеозоя морем.

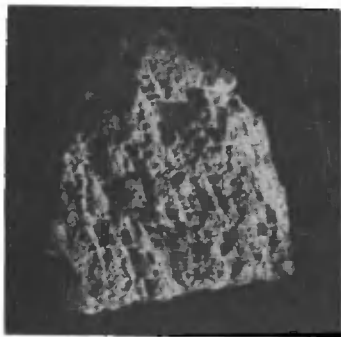
На Шпицбергене (Норвегия) палеонтологи Т. Бокели (Палеонтологический музей, Осло) и Р. А. Форти (Британский музей, Лондон) обнаружили фрагменты рыб, существовавших в раннем ордовике, т. е. около 500 млн лет назад. Таким образом, шпицбергенские позвоночные оказались примерно на 20 млн лет древнее всех донные известные. Исследователи высказывают предположение, что некоторые виды позвоночных могли существовать и в доордовикскую эпоху — в позднем кембрии.

«Nature», 1976, v. 260, № 5546, p. 36—38 (Великобритания).

Минералогия

Микроструктуры псевдоморфоз кварца

Замещение одного минерала другим с сохранением формы прежнего кристалла называется псевдоморфозой. Известны псевдоморфозы по древним органическим остаткам: в пропитанных кремнеземом, «окремненных», растениях



Тончайшие пластинки кварца в процессе замещения сохраняют ориентировку кристаллов кальцита [увел. в 70 тыс. раз].



При замещении кварцем марганцевого кальцита образуются игольчатые кристаллы гидроокислов марганца, ориентированные по кристаллографическим направлениям марганцевого кальцита [увел. в 50 тыс. раз].

Фото В. Т. Дубинчука.

прекрасно сохраняются и как бы «консервируются» очень тонкие детали строения. Способность наследовать тончайшие детали структуры замещаемых кристаллов установлена и при изучении псевдоморфоз кварца по кальциту. Электронно-микроскопические исследования с увеличением до 70 тыс. раз, проведенные во Всесоюзном научно-исследовательском институте минерального сырья Министерства геологии СССР, показали, что кварц, замещающий кальцит, образует ажурный каркас, сложенный из тончайших пластинок, несвойственных кварцу и ориентированных по кристаллографическим направлениям кальцита. Кремнезем в этом процессе выступает как репликатор структурных особенностей кальцита.

Сверхтонкая микроструктура псевдоморфоз кварца по кальциту свидетельствует, что растворение каждой крохотной поверхности кристалла кальцита сопровождается обязательным отложением кварца. Очевидно, «микроощелачивание» водного раствора, содержащего кремнезем, вызывало немедленное его выпадение в виде кварца и обуславливало точное наследование кристаллографических особенностей кальцита. Примесь марганца в кальците, по-видимому, облегчает процесс замещения, поскольку параметры элементарной ячейки марганецсодержащего кальцита кратны параметрам кварца. Характерно, что марганец оседает здесь же, образуя ориентированные игольчатые кристаллы.

Поскольку такие псевдоморфозы характерны для золото-серебряных, флюоритовых и некоторых других типов рудных месторождений, можно сделать вывод, что для них общим процессом является смена щелочных рудных растворов кислотными, ведущими к кислотному выщелачиванию и окварцеванию на поздних стадиях формирования рудных зон.

А. М. Портнов

Кандидат геолого-минералогических наук

Геология

Освоение океанских руд

Широкое распространение в Мировом океане глубоководных железо-марганцевых конкреций выдвинуло новую проблему — их промышленной эксплуатации. Экономический интерес представляют не столько основные рудные компоненты конкреций (по содержанию железа и марганца они относятся к бедным рудам), сколько концентрирующиеся в них медь, никель, кобальт, цинк, молибден и некоторые другие переходные элементы. Содержание перечисленных элементов в конкрециях нередко значительно превышает кондиции для руд, установленные в западных странах.

С 70-х годов за рубежом были существенно расширены геологические исследования районов океана, наиболее перспективных в практическом отношении, и начаты работы по экспериментальной добыче конкреций¹. В настоящее время выделены районы с различными их концентрациями на дне океанов, установлены площади распространения конкреций, несколько варьирующих по химическому составу.

Рудные концентрации меди и никеля содержатся в конкрециях южной части северной тропической зоны Тихого океана, между 6—8° и 15—16° с. ш. и 120—180° з. д. Общая длина этого пояса более 4500 км при ширине от 200 до 600—800 км. Глубина залегания конкреций от поверхности моря 4800—5400 м. Руды наиболее высокого качества отмечены в пределах восточной части этого пояса, недалеко от берегов США.

Если в качестве главного показателя взять кобальт, то наиболее перспективными можно считать поверхности

¹ Безруков П. Л.— В кн.: Железо-марганцевые конкреции Тихого океана.— «Труды Ин-та океанологии», 1976, т. 109, с. 250—257.

подводных гор и холмов, характеризующиеся большими количествами конкреций с повышенным содержанием этого элемента.

В сравнительно крупном масштабе первые опытные работы по добыче конкреций были осуществлены в 1970 г. американской компанией «Дип Си Уинчерз» в Атлантическом океане на глубине 760 м. На судне водоизмещением 7500 т была установлена эрлифтовая (гидравлическая) система; рабочая головка трубопровода с зубьями работала при движении судна со скоростью 1—3 узла; производительность составила 10—60 т конкреций в час.

Почти одновременно была проведена экспериментальная добыча конкреций японскими компаниями в Тихом океане на судне водоизмещением 1400 т с глубины 3765 м. Здесь был применен непрерывный полипропиленовый тросовый конвейер длиной 10 600 м, на который навешивалось от 170 до 250 драг. В настоящее время в Японии для добычи конкреций переоборудована китобойная база. В 1973 г. проводило сборы конкреций научно-исследовательское судно «Вальдивия» (ФРГ). Сейчас в Тихом океане работает американское экспериментальное судно «Гломар Эксплорер» водоизмещением 36 тыс. т.

В общей сложности работы по созданию средств и методов промышленной эксплуатации океанских конкреционных руд ведут уже более 20 крупных фирм США, Канады, Японии, ФРГ и Франции.

Е. С. Базилевская

Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Сейсмология

Землетрясения на дне Тихого океана

4 марта 1976 г. в 02 ч 50 мин по Гринвичу сильное землетрясение всколыхнуло

дно Тихого океана. Его магнитуда составляла 6,9 по шкале Рихтера. Эпицентр располагался вблизи о-вов Новые Гебриды, в точке с координатами 14°12' ю. ш., 167°06' в. д. Землетрясение зарегистрировано в Сейсмологическом институте Упсалы (Швеция), удаленном от места события на многие тысячи километров.

Значительный по силе (магнитуда 6,7) подземный толчок ощущался в 04 ч 46 мин 24 марта в Тихом океане около о-вов Кермадек (29°12' ю. ш., 177°54' з. д.).

Такой же силы землетрясение произошло в 05 ч 39 мин 29 марта на дне Тихого океана, в 480 км к югу от побережья Панамы, в пункте с координатами 03°48' с. ш., 85°24' з. д. Эпицентр находился на глубине 33 км.

«Smithsonian Institution Natural Science Event Bulletin», 1976, v 1, № 6, p. 5 (США).

Геофизика

Эксперимент по определению состояния поверхности океана со спутника

НАСА и ВМС США провели эксперимент по проверке точности и надежности измерений состояния морской поверхности с помощью радиолокационного высотомера, установленного на спутнике «GEOS-3». Этот экспериментальный геодинимический спутник, предназначенный для океанографических исследований, был запущен 9 апреля 1975 г. на орбиту с высотой в перигее 837 км, в апогее 844 км, наклоном 115° и периодом обращения 101,9 мин.

Согласно расчетам, радиолокационный высотомер, имеющий параболическую антенну диаметром 0,66 м, позволяет с точностью до 0,2 м определять расстояние от спутника до поверхности океана, измерять высоту волн с

точностью до 1—2 м, фиксировать их частоту и направление. Информация от спутника принималась наземными станциями в Англии, Испании и на Бермудских о-вах и ретранслировалась в Космический центр им. Годдарда (США).

В ходе эксперимента в район о-ва Ньюфаундленд была направлена экспедиция, которая в течение месяца проводила измерения состояния морской поверхности с помощью приборов, установленных на самолете. Полеты самолета приурочивались к прохождениям (в течение 10—15 мин) над районом Ньюфаундленда спутника «GEOS-3».

Если сравнительный анализ результатов измерений самолетных приборов и радиолокационного высотомера спутника покажет их близкое соответствие, океанографы в дальнейшем смогут вполне полагаться на спутниковые измерения.

Район о-ва Ньюфаундленд был выбран в связи с тем, что там часто и резко меняется состояние морской поверхности; это делает сравнительные измерения более показательными.

«Flight International», 1976, v. 109, № 3499, p. 852 (Великобритания).

Метеорология

Бактерии — ядра конденсации осадков

Американские специалисты метеоролог Р. Шнелл (Национальное управление по изучению океана и атмосферы США) и микробиологи Дж. Ф. Сарни (корпорация «Биосферикс», Роквилл, штат Мэриленд) и К. Э. Карти (Ратджерский университет, Нью-Брансуик, штат Нью-Джерси) обнаружили неизвестные прежде источники ядер конденсации атмосферной влаги, играющие особенно важную роль при образовании осадков над Мировым океаном.

Наиболее распространены ядрами конденсации ат-

мосферной влаги до сих пор считались пылевые частицы. В изученных ныне образцах осадков, взятых над открытым морем, в сотнях километров от берега, найдено большее число ядер конденсации, чем даже в запыленной атмосфере над пустынным районом Австралии, причем такими ядрами, как выяснилось, были бактерии, связанные с фитопланктоном, населяющим приповерхностный слой океана.

Из 15 видов бактерий, обнаруженных в образцах морской воды и тумана, 4 вида способствовали замерзанию в лабораторных условиях. т. е. вели себя как типичные ядра конденсации.

Процесс «подъема» бактерий из скоплений фитопланктона в атмосферу еще не до конца ясен. По мнению Шнелла, при сильном волнении, в ходе образования морской пены, они могут выбрасываться в воздух со скоростями, превышающими 150 км/ч.

«The Sciences», 1976, v. 16, No 1. p. 5 (США).

Метеорология

Солнечная активность и засуха

Засуха, охватившая в 1976 г. значительную часть равнин США от штата Южная Дакота до Нью-Мексико, по мнению У. О. Робертса, специалиста по физике Солнца, бывшего директора Национального центра атмосферных исследований США, знаменует начало девятой из серии засух, регулярно отмечаемых в прериях США с интервалом в 22 года.

Робертс считает, что циклические засухи связаны с периодами солнечной активности. В 1976 г. Солнце вступило в год минимума в своем 11-летнем цикле. Существенный подъем интенсивности в появлении солнечных пятен и усилении геомагнитных явлений на Солнце можно ожидать лишь через 2—3 года.

Каждому из восьми предыдущих минимумов солнечной активности соответствовала засуха, продолжавшаяся от трех до шести лет. Последняя из них отмечалась между 1953 и 1955 г. Предпоследняя называлась известное бедствие — пыльные бури, разразившиеся в прериях США в 30-х годах.

«Science News», v. 109, 1976, No 9. p. 134 (США).

География

XXIII Международный географический конгресс

XXIII Международный географический конгресс, проходивший в Москве с 28 по 3 августа 1976 г., не случайно в своем девизе отразил актуальную проблему развития современного общества: «Научно-технический прогресс и охрана окружающей среды».

Антропогенное влияние на среду так велико, что проблемы ее сохранения переросли рамки национальных проблем и решать их можно только силами ученых всех стран. В сообщениях специалистов прозвучали тревожные данные об изменениях под воздействием человека климата, качества и количества естественных вод или, например, геохимического влияния грузопотоков на окружающую среду.

Естественно, что обсуждалась и проблема системы международного глобального слежения за состоянием биосферы, так называемый мониторинг окружающей среды, который был выдвинут только несколько лет назад и сразу же привлек к себе большое внимание. По мнению специалистов из Института географии АН СССР, осуществить мониторинг можно лишь путем подразделения его на более частные задачи, или ступени. Первая ступень — это биологический мониторинг, т. е. где всего санитарно-гигиениче-

ские наблюдения над состоянием окружающей среды с точки зрения ее влияния на здоровье человека. Второй ступенью должен стать геоэкологический мониторинг, заключающийся в наблюдениях за изменением тех главных геосистем, из которых состоит окружающая среда, а также за преобразованием их в природно-технические (агросистемы, среду индустриальных районов, городскую среду и т. д.). И, наконец, третья ступень — биосферный мониторинг. Он обеспечит наблюдение, контроль и прогноз возможных изменений в глобальной масштабе, т. е. биосферы в целом.

Как обычно, на конгрессе обсуждались вопросы общей физической географии, геоморфологии и палеогеографии, климатологии, гидрологии, гляциологии, географии океана (вновь организована секция географии океана), биогеографии и географии почв, общей экономической географии и других подразделений географии.

Для советской географии главная задача — решение наиболее сложных общих народнохозяйственных проблем, без которых нет и современной географической науки. На необходимость усиления теоретической базы, развития географической теории обращали внимание многие выступающие. Причем указывалось, что только комплексное решение крупных народнохозяйственных проблем способно продвинуть вперед географическую науку и ее теорию. Например, такие широкоизвестные взаимосвязанные программы, как развитие нечерноземной зоны Европейской части СССР, водоснабжение ряда южных районов страны, орошение земель Средней Азии и Казахстана, хозяйственное освоение северных и восточных районов, а также ряд других для успешной реализации требуют применения синтетического географического мышления, наличия теоретической основы развития географических систем, структур и процессов, пространственно-временного подхода, сочетающего картографический и исторический

методы научного исследования, географическое прогнозирование, моделирование и математический метод анализа.

В выступлениях участников конгресса неоднократно отмечалось, что комплексные региональные программы становятся важнейшей формой планомерного развития производительных сил. В нашей стране и других социалистических странах успешно осуществляются программы развития территориально-производственных комплексов (ТПК), стимулирующие быстрые темпы освоения новых территорий и совершенствования структурных пропорций уже сложившихся экономических районов. Западно-Сибирский, Братско — Усть-Илимский, Саянский, Южно-Таджикский и ряд других ТПК стали убедительными тому примерами.

Оптимальное размещение производительных сил, особенно во вновь осваиваемых районах, переросло в комплексную проблему, требующую рационального сочетания интересов промышленности, сельского хозяйства, транспорта и сохранения окружающей среды. Вот почему одной из узловых проблем, рассматриваемых на конгрессе, стали географические аспекты урбанизации. Урбанизация — чрезвычайно сложный и внутренне противоречивый процесс, являющийся следствием размещения производительных сил и одновременно оказывающий существенное влияние на само размещение. С точки зрения географии формирование и развитие специфической геотехнической среды и есть основное содержание процесса урбанизации. Оно оказывает сильное воздействие на все стороны материальной и духовной жизни общества, на всю сложную систему «общество — природа».

Необходимость планировать развитие самой географической науки красной нитью прошла через доклады многих участников конгресса. Построить собственное «дерево целей», составить модель развития географии и подойти, наконец, к управлению системой географических наук со всеми

их подразделениями — вот требование завтрашнего дня для вечно молодой и одновременно самой древней науки, которая сейчас переживает коренное омоложение и превращается в конструктивную создательную научную дисциплину.

М. Э. Аджиев

Кандидат экономических наук

Москва

Охрана природы

Состояние природной среды в США

Национальная федерация охраны животного мира США опубликовала сведения об изменении состояния среды обитания в стране за 1975 г. Отчет построен на анализе нескольких важнейших аспектов. Так, состояние воздушного пространства за 5 лет со дня утверждения закона о чистом воздухе улучшилось: содержание двуокиси серы в атмосфере сократилось на 25%, а окиси углерода — на 50%. Состояние лесов в основном осталось прежним. Около 880 тыс. га сельскохозяйственных угодий оказались потерянными для сельского хозяйства: были заняты застройкой, дорогами, водохранилищами и т. д. Животный мир стал беднее: еще 6 видов внесено в список животных, находящихся под угрозой исчезновения. Ухудшилось качество пресных вод; уменьшились запасы полезных ископаемых.

«Science News», 1976, v. 109, № 7, p. 108 (США)

Этнография

Изучение примитивного племени

Антрополог Н. А. Шаньон (Университет штата Пенсильвания, США) опубликовал итоги продолжавшихся около

12 лет исследований малоизвестного индейского племени яномамэ, живущего в тропических джунглях на границе южной Венесуэлы и северо-западной Бразилии.

Яномамэ находятся на стадии первобытно-общинного строя. Общая численность племени и количество поселений точно не установлены. Однако Шаньону и его французскому коллеге антропологу Ж. Лизо удалось посетить около 100 деревень; это позволило предположить, что численность яномамэ близка к 15 тыс.

Сами яномамэ не считают себя единым образованием; их деревни нередко сильно разбросаны, часто находятся между собой во враждебных отношениях. Однако с антропологической точки зрения, а также по общности языка и обычаев они вполне могут считаться племенем. Само название их, как это нередко бывает у примитивных народностей, означает «люди». Язык яномамэ не обнаруживает связей с каким-либо языком других групп индейского населения этой области, что указывает на их длительную изоляцию. К посторонним они относятся подозрительно и нередко агрессивно.

Основной социальной структуры яномамэ служит «деревня», представляющая собой единственное кольцеобразное жилище, с общей крышей, но без стен, с круглой «площадью» посередине. Никаких перегородок, разделяющих семьи, в жилище нет. Деревня населена несколькими семьями; общая численность жителей колеблется от 40 до 250 человек.

Все жители деревни находятся в четко определенном родстве между собой, которым и обусловлены их отношения и общественная иерархия. Даже приходец (сам исследователь) получил собственный статус «сваяка» вождя.

Семья яномамэ полигамна, и каждый мужчина старается обзавестись возможно большим числом жен. В племени практикуется инфантицид: часть новорожденных, преимущественно девочек, не-



Индеец малозвестного племени яномаё, обитающего на границе южной части Венесуэлы и северо-западной части Бразилии.

медленно убивают. Отсюда постоянный недостаток в брачных партнёрах. Нехватка женщин — причина всех конфликтов, возникающих между деревнями. Население одной часто устраивает налеты на другие с единственной целью умыкания женщин.

Имущественные отношения яномаё исключительно

просты: домашние предметы принадлежат почти в равной мере всем членам семьи, и их относительная ценность практически не учитывается.

Особое внимание Шаньона вызвал процесс «роения» — отделения групп от излишне разросшейся деревни. Обычно пределом служит момент, когда численность начинает превышать 80—100 человек. Учитывая, что район джунглей, где живут яномаё, изобилует пищей, Шаньон отвергает предположение, что к разделу приводит угроза истощения ресурсов, тем более, что отделившаяся группа чаще всего поселяется поблизости и эксплуатирует тот же участок леса. После того как рост чис-

ленности делает популяцию неуправляемой, а конфликты (в основном из-за женщин) достигают наибольшей остроты, деревня делится на две. Выводы Шаньона сделаны на достаточной статистике, включающей генеалогические сведения о пяти поколениях, яномаё, т. е. о 3500 лицах, половина которых была жива в момент обследования. Опрос дал материалы о 1600 браках и о процессе распределения популяции за последние 100 лет. Во всех случаях члены группы, покидающей деревню, находились в более близких родственных отношениях между собой, чем с остающимися. Фактором, препятствующим разделению, по словам самих яномаё, служит боязнь стать жертвой налета соплеменников из более многочисленной деревни.

Считается, что «военные соображения» требуют наличия в каждой деревне не менее 10 способных носить оружие мужчин в возрасте от 17 до 40 лет при общей численности 40—60 человек. Только в случае длительной напряженности междеревенских отношений деревня, достигшая численности 150 человек, остается единой. В мирных же условиях одни лишь семейные узы оказываются, очевидно, недостаточными, чтобы сохранить единство разросшейся деревни.

Оружием яномаё служат луки, стрелы, копья, дубинки, ножи. В результате враждебных действий гибнет большое число людей: по подсчетам Шаньона, в некоторых районах до 30% смертности среди взрослых мужчин приходится на «боевые потери».

«The Sciences», 1976, v. 16, № 1, p. 14—18 (США).

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1976 Г.

По медицине — Б. Бламберг и К. Гайдушек

Нобелевская премия 1976 г. по медицине присуждена двум американским ученым Барри Бламбергу (Baruch Blumberg) и Карлетону Гайдушеку (Carleton Gajdusek) за открытия в области вирусного гепатита и медленных вирусных инфекций.

Барри Бламберг, генетик, родился 28 июля 1925 г. в Нью-Йорке; там же получил университетское образование; в 1951 г. стал доктором медицины в Колумбийском университете; в 1970 г. получил звание профессора медицины и медицинской генетики в Пенсильванском университете. С 60-х годов занимается вопросами медицинской генетики, а с 1964 г. работает в Онкологическом институте в Филадельфии.

В течение ряда лет Б. Бламберг изучал полиморфизм сывороточных белков человека. В 1963 г. он обнаружил необычный белок (антитело) в крови больных гемофилией, которым многократно переливали кровь. Этот белок в специфических иммунологических реакциях связывается лишь с белками (антигенами) крови аборигенов Австралии, поэтому он получил первоначально название «австралийской антиген». Открыв новую систему антиген — антитело, Б. Бламберг связал ее с инфекционным процессом, нередко возникающим при переливании крови — с вирусным гепатитом, а именно с одной из его разновидностей — гепатитом В.

В серии исследований, выполненных в 1965—1970 гг., Б. Бламберг убедительно показал, что австралийский антиген в большинстве случаев обнаруживается в сыворотке больных гепатитом В, нередко развивающимся у реципиентов после массовых переливаний (трансфузий). Таким образом, была открыта первая специфическая иммунологическая система при вирусных гепатитах, что послужило мощ-

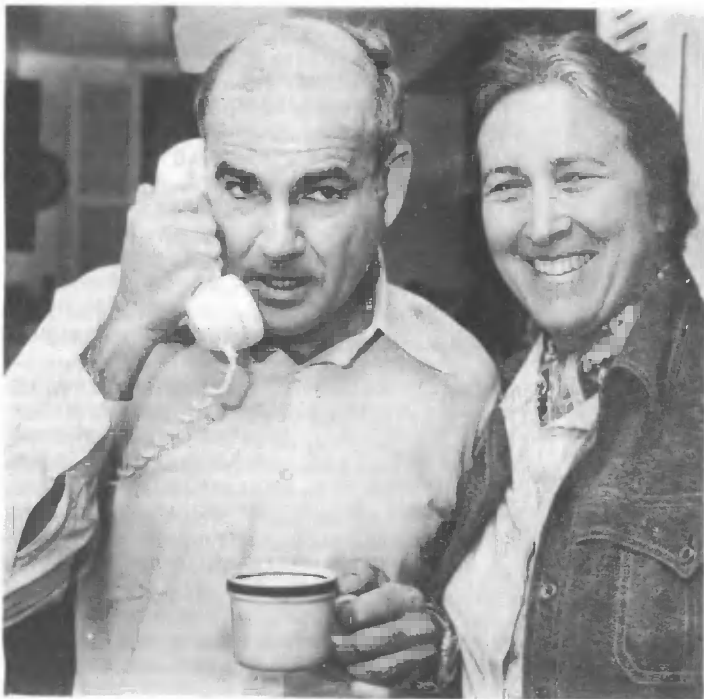
ным стимулом для плодотворного изучения вирусных гепатитов, ежегодно поражающих многие сотни тысяч людей. Только за последние 6—7 лет на основе метода, предложенного Б. Бламбергом, были проведены многочисленные исследования, позволяющие обнаружить австралийский антиген (т. е. антиген вируса гепатита В) в крови больных людей.

Наиболее важным результатом научной деятельности Б. Бламберга можно считать разработку лабораторного контроля доноров крови, обеспечившую резкое снижение частоты посттрансфузионного гепатита и создание (пока в экспериментальных условиях) профилактической вакцины против гепатита В. Теперь вирусологи, иммунологи, эпидемиологи, а также клиницисты получили высокочувствительные и специфические методы определения ранее неуловимого вируса гепатита В.

В настоящее время описаны биофизические свойства, антигенная структура вириона гепатита В, клеточные и гуморальные реакции, эпидемиологические и клинические особенности инфекционного процесса, связанного с заражением вирусом гепатита В.

Идентификация вирусного гепатита В дала возможность разрабатывать иммунологические системы и для других вирусных гепатитов — например, гепатита А, а в последнее время, предположительно, и гепатита С. Таким образом, принципиально важное открытие, сделанное Б. Бламбергом, в сравнительно короткий промежуток времени (10—12 лет) принесло несомненную пользу человечеству.

Карлетон Гайдушек родился 9 сентября 1923 г. в г. Йонкерсе (штат Нью-Йорк), образование получил в Рочестерском университете; в 1946 г. стал доктором медицины Гарвардского университета; с 1947 по 1949 г. проходил аспиран-



Супруги Бламберги принимают поздравления.

Фото АП — ТАСС.

туру в Калифорнийском технологическом институте по специальности физическая химия. С 1959 г. работает в Нейрологическом центре Национального института здравоохранения США и изучает медленные скрытые вирусные инфекции.

К. Гайдушек — один из наиболее разносторонних специалистов, сочетающий эрудицию этнографа, вирусолога, эпидемиолога, антрополога и клинициста-педиатра. К. Гайдушек по праву можно считать создателем учения о медленных вирусных инфекциях человека (сам термин медленные инфекции и основная характеристика этого феномена для животных были предложены в 1954 г. исландским микробиологом Б. Сигурдсоном)¹.

История изучения медленных инфекций человека насчитывает уже более 20 лет — начиная с момента, когда один австралийский чиновник при посещении Новой Гвинеи обнаружил странное заболевание, сопровождавшееся неожиданными приступами смеха и приводившего спустя 9—12 месяцев к смерти. Первым названием этой болезни было — «хохочущая смерть». На плоскогорье, находящемся на северо-востоке Новой Гвинеи,

на площади в 1000 км² живет племя форе пораженное этой странной болезнью, которую в настоящее время называют куру. С 1956 г. К. Гайдушек и его сотрудники начали там свои многолетние комплексные исследования, в которых приняли участие антропологи, вирусологи, клиницисты и представители других специальностей. Были подробно изучены все стороны жизни и быта форе, их пищевой рацион. Никакой разницы в питании здоровых и заболевших не отмечалось, хотя прослеживалось более 400 факторов пищи как животного, так и растительного происхождения. Однако бросалось в глаза положительная корреляция между случаями заболевания и соблюдением обычая племени поедать мозг умершего. К. Гайдушек поставил ряд экспериментов, подтверждающих связь заболевания с похоронным ритуалом. Заболевание удалось передать от больных людей обезьянам-шимпанзе, которые заболели через 14—39 месяцев после введения в мозг животных взвеси мозговой ткани погибших от куру людей. В дальнейшем удалось воспроизвести то же заболевание после трех последовательных пересадок от шимпанзе к шимпанзе, причем инкубационный период заболевания сократился от 1,5—2,5 лет до 1 года. Исследователи выявили

¹ Подробнее см.: Зуев В. А. Медленные инфекции. — «Природа», 1974, № 10.



Карпетон Гайдушек.

Фото АП — ТАСС.

инфекционный агент во многих внутренних органах животных, но при этом не обнаружили ни гистологических изменений, ни антител (показателей иммунитета) к этому заболеванию.

Экспериментальная передача возбудителя куру шимпанзе и еще четырем видам обезьян впервые открыла возможность изучения необычного вирусного агента возбудителя куру. В лаборатории К. Гайдушэка были исследованы свойства этого агента и оказалось, что даже при максимальных увеличениях этот возбудитель невозможно увидеть в электронном микроскопе. Это тем более удивительно, что в 1 г инфицированного мозга шимпанзе было обнаружено до 10 млн смертельных для обезьян доз возбудителя куру. Таким образом, благодаря исследованиям К. Гайдушэка впервые была подтверждена инфекционная природа прогрессирующих дегенеративных заболеваний людей, объединенных ныне под названием медленные вирусные инфекции человека.

К. Гайдушек провел большую просветительскую работу среди племени, и форе отказались от рокового ритуала.

Справедливости ради необходимо отметить, что независимо от К. Гайдушэка в СССР, а именно в Институте эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи АМН СССР в 1953 г. по инициативе и под руководством Л. А. Зильбера, З. Л. Байдакова, А. М. Гардашьян, Н. В. Коновалова, Т. Л. Бунина, Е. М. Барабадзе начали комплексное изучение другого прогрессирующего заболевания центральной нервной системы — амитрофического бокового склероза (АБС). Успех пришел через много лет: в 1962 г. исследователи сообщили об успешной передаче агента АБС обезьянам макака-резус. При заражении обезьян суспензией мозговой ткани, полученной от погибшего человека, спустя 1—3,5 года у зараженных животных были зарегистрированы медленно нарастающие симптомы поражения центральной нервной системы, весьма сходные с таковыми у больных амитрофическим боковым склерозом людей.

Исследования К. Гайдушэка по проблеме куру послужили мощным стимулом для дальнейшего изучения целого ряда прогрессирующих медленно развивающихся заболеваний центральной нервной системы у людей и животных. При этих заболеваниях в мозгу больного, а также в эксперименте нет признаков воспаления мозга, но мозговая ткань по структуре становится похожей на губку. Эта картина характерна для ряда медленных вирусных инфекций (куру, болезнь Крейтцфельд-Якоба, трансмиссивная энцефалопатия норок), объединенных по данному признаку в группу так называемых «губкообразных энцефалопатий». В 1967 г. К. Гайдушек и Дж. Гиббс разработали схему признаков, определяющих принадлежность того или иного хронического заболевания к группе медленных инфекций. Таким образом, впервые был составлен реестр этих удивительных заболеваний, насчитывающий в настоящее время 14 видов. К ним относятся болезни человека (куру, подострый склерозирующий панэнцефалит, болезнь Крейтцфельд-Якоба и др.), заболевания овец (висна, рида, мэди), характерная патология норок (энцефалопатия норок) и др.

Создав схему признаков, характеризующих медленные инфекции человека, К. Гайдушек начал вирусологическое изу-

чение ряда дегенеративных болезней и доказал их инфекционную природу. Так, в лаборатории К. Гайдушека, а позднее в других лабораториях мира от больных различными формами так называемого пресенильного слабоумия (болезнь Крейтцфельд-Якоба, болезнь Альцгеймера), был выделен специфический возбудитель (вирус). В настоящее время начали изучать и другие хронические заболевания человека, сопровождающиеся медленно прогрессирующим поражением центральной нервной системы.

Особенно интересны работы К. Гайдушека, выполненные в последние годы и посвященные взаимоотношениям медленных инфекций животных (скрепи) и человека (куру, болезнь Крейтцфельд-Якоба). Обнаруженная им взаимосвязь этих процессов открывает новую страницу в изучении экологии и естественной истории медленных вирусных инфекций.

Таким образом, К. Гайдушек заложил основы нового научного направления — учения о медленных вирусных инфекциях человека, изучил причины и механизмы возникновения многих из них и иссле-

довал особенности соответствующих заболеваний. Это определило возможность направленных поисков других медленных вирусных инфекций человека и животных, что занимает в настоящее время умы многих отечественных и зарубежных специалистов.

На фоне больших успехов вирусологии, связанных с открытием и изучением многочисленных вирусных агентов — возбудителей острых инфекционных процессов, работы Б. Бламберга и К. Гайдушека имеют несомненную важность для теорий медицины и выдающееся значение для практики здравоохранения. Нобелевские лауреаты по медицине 1976 г. открыли принципиально новые подходы в исследовании особых инфекционных процессов — хронических и медленных вирусных инфекций.

Р. А. Канторович

Доктор медицинских наук

Москва

УДК 92, Бламберг; 92 Гайдушек; 576.858

По химии — У. Н. Липскомб

Нобелевская премия 1976 г. по химии присуждена американскому химику Уильяму Нану Липскомбу (William Nunn Lipscomb) за изучение химических связей.

К химии У. Липскомб приобщился еще в школе. Его отец, врач по специальности, помог сыну оборудовать домашнюю лабораторию, реактивы для которой он покупал в ближайшей аптеке. После школы У. Липскомб поступил в Университет штата Кентукки и закончил его в 1941 г. Звание доктора наук он получил в 1946 г. в Калифорнийском технологическом институте, где работал под руководством дважды лауреата Нобелевской премии Л. Полинга и Э. В. Хьюза. С 1954 г. У. Липскомб заведовал кафедрой физической химии в Университете штата Миннесота, а с 1959 г. по настоящее время — он профессор химии Гарвардского университета. У. Липскомб — член

Национальной академии наук США, а также Американской академии искусств и наук. В 1968 г. за выдающийся вклад в развитие неорганической химии он получил премию Американского химического общества.

Научные интересы 58-летнего нобелевского лауреата весьма широки: молекулярные структуры и реакции, химия соединений бора, рентгеноструктурный анализ, теория валентности и молекулярные структуры биологических веществ. Он как-то признался, что никогда не мог окончательно выбрать между физикой, химией и биологией. Тем не менее такая широта интересов не сделала его поверхностным специалистом. Работы У. Липскомба в области физической, органической, неорганической и теоретической химии, а также биохимии отличаются глубиной решения ряда важнейших проблем и получили широкое признание



Уильям Нан Липскомб.

специалистов различных областей химии во всем мире.

Основной нитью большинства исследований У. Липскомба — крупного теоретика и блестящего экспериментатора — является установление связи между пространственной и электронной структурами молекул и их физическими, химическими и биологическими свойствами. В значительной степени именно работами У. Липскомба и его учеников разрешена одна из наиболее трудных проблем теоретической химии последних лет — проблема природы химической связи в борводородах различных типов.

Гидриды бора, в особенности высшие борводороды и их производные, давно привлекали внимание исследователей, так как эти вещества обладают самой высокой теплоемкостью из всех известных в настоящее время соединений и могут быть использованы в качестве наиболее эффективных видов топлива. В то же время вопросы их строения не укладывались в рамки обычных представ-

лений о валентности. Действительно, борводороды — это электрон-дефицитные соединения, не имеющие достаточного числа валентных электронов для связывания всех атомов ковалентными двухэлектронными связями.

Л. Липскомб развил представления о двухэлектронных трехцентровых связях и разработал топологическую и геометрическую теорию строения разнообразных гидридов бора, карборанов, гетерокарборанов, в основу которой положен ряд принципов, определяющих способы соединения фрагментов В—Н, В—В—В и В—Х—В посредством ковалентных и трехцентровых двухэлектронных связей. Это существенно дополнило классические представления о валентности. Более того, теория предсказала существование целого ряда неизвестных гидридов бора и их ионов, что было затем блестяще подтверждено работами исследователей многих стран.

Кроме того, У. Липскомб с сотрудниками развил метод низкотемпературного рентгеноструктурного анализа, применение которого позволило определить сложные полиэдрические структуры многих известных гидридов бора и карборанов. Далее этот метод авторы использовали для изучения простых кристаллов кислорода, азота, фтора и ряда других неорганических веществ, существующих в твердом состоянии только при очень низких температурах.

В последние годы У. Липскомб сконцентрировал усилия своей лаборатории на одной из важнейших проблем современной науки — ферментативном катализе. Им проведено теоретическое квантово-химическое моделирование превращений субстрата в активном центре фермента α -химотрипсина и определена (с большим разрешением) трехмерная структура карбоксипептидазы А.

Обращение У. Липскомба к тонким проблемам современной биологии еще раз свидетельствует о широте научных интересов этого блестящего ученого и обаятельного человека.

Ю. Н. Бубнов
Кандидат химических наук
Москва

По физике — С. Тинг, Б. Рихтер

Нобелевская премия 1976 г. по физике присуждена физикам-экспериментаторам Сэмюэлю Тингу (Sam Ting), профессору Массачусетского технологического института (Кембридж, США), и Бертону Рихтеру (Burt Richter), профессору Станфордского центра линейного ускорителя (Станфорд, США), за пионерские достижения в области исследования новых тяжелых частиц.

Новые тяжелые частицы, открытые и исследованные группами С. Тинга и Б. Рихтера, относятся к классу так называемых субъядерных, или элементарных, частиц, принадлежат к семейству сильно взаимодействующих частиц — адронов и являются мезонами.

В ноябре 1974 г. группами С. Тинга и Б. Рихтера было сообщено об открытии частицы, названной группой С. Тинга — J/ψ -частицей, а группой Б. Рихтера — ψ -мезоном. Сейчас эту частицу принято называть J/ψ . 25 ноября 1974 г. группа Б. Рихтера сообщила об открытии еще одной частицы — ψ' . Дальнейшие исследования показали, что J/ψ и ψ' были только первыми представителями обширного нового семейства адронов.

Свойства новооткрытых частиц поразили физиков. Масса J/ψ в 3,3 раза больше, а масса ψ' в 3,92 раза больше, чем масса протона m_p . Эти частицы нестабильны и распадаются на несколько обычных сильно взаимодействующих мезонов (π , K) с большим энергосвещением. Согласно старым идеям о свойствах сильных взаимодействий, в этой ситуации распад должен происходить за счет сильных взаимодействий со временем жизни $\tau \sim 10^{-23}$ с. На самом же деле опыт дает время жизни J/ψ равное 10^{-20} с и для ψ' $\sim 0,3 \cdot 10^{-20}$ с, т. е. на три порядка больше ожидаемого. Эта загадка вызвала чрезвычайный интерес к открытиям С. Тинга и Б. Рихтера и породила поток экспериментальных и теоретических работ, которые меньше чем за два года

существенно расширили наши знания об элементарных частицах.

Объяснение загадки новых частиц, по-видимому, удастся дать в рамках теоретических идей, которые были сформулированы еще до их открытия, но были отнюдь не общеприняты. Однако положение в новой области физики элементарных частиц, начатой работами С. Тинга и Б. Рихтера, далеко не полностью ясно и, возможно, сулит новые неожиданности.

Оба нобелевских лауреата связаны с одной из старейших и известнейших высших школ США естественнонаучного профиля — Массачусетским технологическим институтом (МИТ), существующим с 1865 г.

Сэмюэль Тинг родился в 1936 г. в Анн-Арборе (штат Мичиган). В 1959 г. окончил Мичиганский университет (где, кстати, в 1930 г. началась деятельность в Америке Э. Ферми). В 1962 г. он получил там звание доктора философии по специальности физика. После защиты диссертации работал в различных институтах США и Европы, с 1967 г. — в МИТе.

Бертон Рихтер родился в 1931 г. в Нью-Йорке. В 1952 г. окончил МИТ, в 1956 г. получил там же степень доктора философии по специальности физика, с 1957 г. работает в Станфорде.

Работы, принесшие С. Тингу и Б. Рихтеру Нобелевскую премию, поступили в редакцию журнала «Physical Review Letters» почти одновременно (12 и 13 ноября 1974 г.) и вышли в одном и том же номере этого журнала от 2 декабря 1974 г. Близость дат отправки работ в печать объясняется тесными контактами физиков.

Данные обеих групп были получены в разных условиях. С. Тинг в течение многих лет занимался изучением рождения пар электрон-позитрон ($e^+ e^-$) в процессах столкновения u -квантов с адронами и адронов с адронами. Начиная

с весны 1974 г., группа С. Тинга начала на ускорителе в Брукхейвене (США) исследования пар $e^+ e^-$, образующихся при столкновении протонов с ядрами, на установке, позволявшей с хорошим разрешением находить массу пары $e^+ e^-$. Изучая спектр масс $e^+ e^-$, группа С. Тинга обнаружила узкий пик при массе порядка 3,1 ГэВ и сделала вывод, что этот пик характеризует распад частицы соответствующей массы на пару $e^+ e^-$. Как мы сейчас знаем, этот распад обусловлен последовательностью виртуальных переходов $J/\psi \rightarrow \gamma \rightarrow e^+ e^-$. Каждый из этих переходов вызван электромагнитным взаимодействием.

Группа Б. Рихтера в течение ряда лет изучала образование адронов при столкновении позитронов и электронов

Сэмюэль Тинг (стоит, четвертый слева) со своими сотрудниками. На их свитерах изображены символ открытый ими частицы J/ψ и значение ее массы [3,1 ГэВ].

большой энергии в так называемом накопительном кольце СПИР (SPIR), в котором наблюдались встречные соударения e^+ -и e^- -пучков. Исследуя зависимость сечения от полной энергии E , равной сумме энергий электрона и позитрона, группа Б. Рихтера обнаружила, что при энергии 3,2 ГэВ сечение образования адронов возрастает на 30% при шаге 200 МэВ.

После этого интервал энергии вблизи 3 ГэВ был исследован с высоким разрешением, и был обнаружен пик в сечении образования адронов, соответствующий образованию J/ψ в столкновениях e^+ и e^- с последующим распадом этого мезона на адроны. Были обнаружены также пики, соответствующие распадам J/ψ на пары $e^+ e^-$ и $\mu^+ \mu^-$.

После того как результаты В. Тинга и Б. Рихтера стали известны, поиски J/ψ были начаты на всех ускорителях мира, обладавших достаточной энергией. Исследования велись на ускорителях в Батавии (США), встречных pp-пучках в



ЦЕРНе (Швейцария), ускорителе в Серпухове (СССР), на встречных e^+e^- -пучках во Фраскати (Италия) и Гамбурге (кольцо ДОРИС, ФРГ). Много новых результатов было получено на кольце СПИР. В частности, на кольцах ДОРИС и СПИР было установлено существование еще нескольких частиц, принадлежащих к тому же семейству, что и J/ψ -и ψ' -мезоны.

Большое время жизни J/ψ побудило некоторых теоретиков высказать гипотезу, что эта частица вообще не принадлежит к классу сильно взаимодействующих частиц — адронов, однако эта гипотеза была быстро опровергнута фактами.

Сейчас представляется очень правдоподобным, что малая вероятность распадов новых мезонов связана с тем, что эти частицы имеют малые размеры (в обычном смысле), а интенсивность сильных взаимодействий падает на малых расстояниях, что и приводит к большому времени жизни. Гипотеза о таком поведении сильных взаимодействий была выдвинута в США в 1973 г. Д. Гроссом, Ф. Вильчеком и Д. Политцером, которые установили, что это поведение возникает в теориях поля определенного типа. Такие теории принято называть асимптотически свободными. Малая ширина новых частиц является одним из существенных аргументов в пользу гипотезы асимптотической свободы сильных взаимодействий.

Сейчас более или менее надежно установлено существование еще четырех или пяти нейтральных мезонов с большим временем жизни и массами, лежащими в том же районе, что и массы J/ψ , ψ' . Систематика новых мезонов естественно интерпретируется в рамках так называемой хромодинамической модели сильных взаимодействий с четырьмя цветными кварками (также предложенной еще до открытия С. Тинга и Б. Рихтера), в пользу которой сейчас накапливается все больше и больше аргументов.

Известно, что свойства обычных адронов удастся удовлетворительно описать в рамках модели трех кварков, называемых сейчас u , d , s . Эти частицы, по предположению, суть фермионы со спином $1/2$, барионным зарядом $1/3$ и электрическими зарядами $2/3$, $-1/3$, $-1/3$. При этом нуклоны описываются как связанные состояния трех кварков, а мезоны — как состояния кварк — антикварк.

Авторы модели (М. Гелл-Манн и



Бертон Рихтер.

Г. Цвейг) смело нарушили принцип Паули. Это проще всего увидеть на примере Ω^- -гиперона, который имеет спин $3/2$. Ω^- -гиперон со спином, направленным по оси z , состоит, согласно модели кварков, из трех s -кварков со спинами, направленными также по оси z . (Соответствующее состояние имеет вид

$$s \uparrow s \uparrow s \uparrow \rangle.$$

Это противоречит принципу Паули. Трудность можно снять, если считать, что каждый кварк может находиться в трех состояниях, различающихся новым квантовым числом, которое называли цветом. Тогда, если три s кварка в Ω^- -гипероне находятся в трех разных цветовых состояниях, принцип Паули можно удовлетворить (вектор состояния Ω^- -гиперон имеет вид

$$\sum_{\alpha, \beta, \gamma} \frac{1}{\sqrt{6}} \epsilon_{\alpha\beta\gamma} s_{\alpha} \uparrow s_{\beta} \uparrow s_{\gamma} \uparrow \rangle.$$

где $\epsilon_{\alpha\beta\gamma}$ — антисимметричный тензор, α, β, γ — цветовые индексы). Новое

квантовое число — цвет можно рассматривать как аналог электрического заряда. Это и приводит к так называемой хромодинамической теории сильных взаимодействий, обладающей свойством асимптотической свободы.

В рамках модели трех цветных кварков удается понять многие свойства обычных адронов. Уже давно указывалось, однако, на тот факт, что более естественно считать, что существует еще один кварк, так называемый очарованный s -кварк (от англ. charm), более тяжелый, чем обычный, и поэтому не входящий в состав обычных адронов. Гипотеза s -кварка была предложена в США в 1964 г. Дж. Бьеркеном и Ш. Глэшоу. Сильные аргументы в ее пользу были выдвинуты Ш. Глэшоу, Дж. Илиопулосом и Л. Майами в 1970 г., показавшими, что введение s -кварка объясняет чрезвычайно малую вероятность некоторых слабых адронных процессов, обнаруженную на опыте. В хромодинамике s -кварк также может находиться в трех состояниях «разного цвета».

Новые мезоны нашли свое место в модели четырех кварков. Их можно рассматривать, как связанные состояния s -кварка и соответствующего антикварка \bar{s} , взаимодействующих за счет хромодинамических сил. Такая модель — модель Чармония — была рассмотрена в Гарварде Т. Аппельквистом и Д. Политцером и Ш. Глэшоу и А. де-Рухолой в начале 1975 г. Ими предсказано, что кроме J/ψ и ψ' -частиц должны существовать еще мезоны, отличающиеся от них спином и четностью (спин J/ψ и ψ' равен 1, четность — отрицательная). Часть этих состояний уже обнаружена и идентифицирована.

Наиболее сильным следствием модели Чармония является вывод о существовании тяжелых метастабильных частиц, являющихся связанными состояниями s - \bar{s} -кварков и обычных кварков. Такие частицы могут распадаться в обычные адроны только за счет слабого взаимодействия и иметь времена жизни 10^{-13} с. Сейчас такие частицы обнаружены в Стэнфорде.

Хромодинамическая модель сильных взаимодействий с четырьмя кварками получила в последнее время много подтверждений и вряд ли может оказаться совершенно ошибочной, однако в наблюдаемой картине явлений остается много неясного и противоречивого.

Начиная с открытия в 1973 г. нейтральных слабых токов, экспериментальная физика элементарных частиц вступила в период быстрого развития. До сих пор полученные результаты подтверждали гипотезы теоретиков, казавшиеся многим дикими. Только будущее покажет, куда, в конце концов, приведет дорога, одной из важнейших вех которой является открытие новых нобелевских лауреатов.

Профессор И. Ю. Кобзарев
Москва

УДК 92 С. Тинг; 92 Б. Рихтер; 539.12

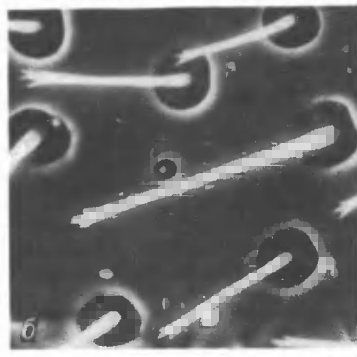
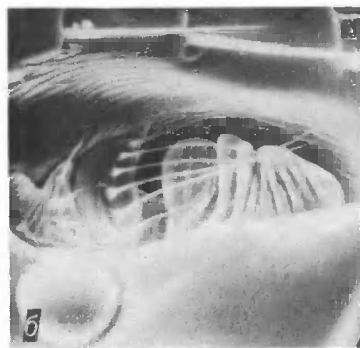
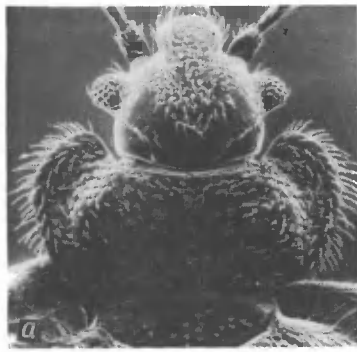
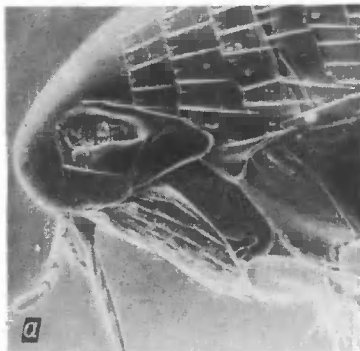
Изучение живых животных в растровом электронном микроскопе

Ю. С. Балашов
доктор биологических наук
Н. Е. Миккау

Зоологический институт
АН СССР
Ленинград

За последние годы растровая электронная микроскопия стала одной из важнейших методик исследования в морфологии животных. Особенно ценным этот метод оказался при изучении мелких членистоногих животных с твердым наружным скелетом, сохраняющим форму и размеры в процессе подготовки объекта для исследования в растровом (сканирующем) электронном микроскопе. Мелкие размеры тела многих видов насекомых и клещей и особенно таких его частей, как ротовой аппарат, конечности, сенсиллы, поверхность покровов, во многих случаях не позволяют достаточно подробно исследовать их при ограниченной разрешающей способности световой оптики. Ещё большие ограничения на применение световой оптики в этих случаях накладывает малая глубина резкости изображения. Применение растрового электронного микроскопа сняло указанные ограничения, и теперь изучение внешней морфологии членистоногих немислимо без этого прибора¹.

Наряду с общепризнанными достоинствами растровая электронная микроскопия имеет и свои ограничения. Животные с мягкими покровами, а также ткани или отдельные клетки могут быть исследованы этим методом только после весьма сложной и трудо-



Крысиная блоха [*Xenopsylla cheopis*]: а — внешний вид головы и переднегруди, увел. в 70 раз; б — глаз и усик, увел. в 300 раз.

Постельный клоп (*Cimex lectularius*): а — внешний вид головы и переднегруди, увел. в 50 раз; б — механорецепторные сенсиллы грудного тергита, увел. в 1 тыс. раз; в — кончик механорецепторной хеты, увел. в 5,8 тыс. раз.



емкой предварительной подготовки, неизбежно создающей определенные артефакты. Животные с твердым скелетом при существующих методиках могут быть изучены только мертвыми и после покрытия их поверхности электропроводящим слоем металла, напыляемым в вакууме или в атмосфере из инертного газа.

Было сделано несколько попыток изучения живых членистоногих в растровом электронном микроскопе без напыления². Оказалось, что мучные

¹ Подробнее см.: Елиза-
ров Ю. А., Давидов-
вич Г. Н. Стереоскан на
службе систематики и
морфологии. — «Приро-
да», 1974, № 4.

² Pease R. F. W., Hayes
T. L., Camp A. S.,
Amer. N. M. — «Science»,
1966, v. 154, № 3753; Hum-

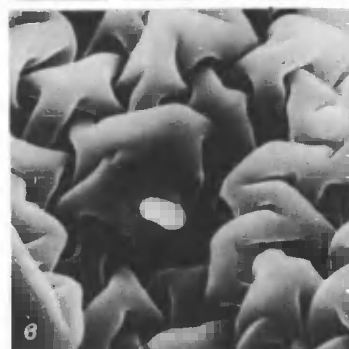
хрущаки и четырехногие клещи сравнительно безболезненно переносят пребывание в вакууме и облучение электронами в течение часового периода их наблюдения в растровом электронном микроскопе. С этих объектов при малых и средних увеличениях были получены удовлетворительные снимки.

Попытки изучения мертвых сухих объектов без предварительного напыления (черепа мелких млекопитающих и различные насекомые) дали менее хорошие результаты. Потребовалась переделка конструкции растрового электронного микроскопа для работы при ускоряющих напряжениях 1,5—3 кВ, а полученные фотографии были среднего качества и только при увеличении до 550 раз³.

Изучение мертвых фиксированных спиртом клещей, предварительно смоченных для создания электропроводящей поверхности раствором хлористого кальция в глицерине, не дало удовлетворительных результатов⁴.

Возможность изучения хотя бы некоторых групп животных методами растровой электронной микроскопии в живом состоянии и без какой-либо предварительной обработки исключительно перспективно для зоологов. Крайне упрощается сама процедура изучения объектов, и, что особенно важно, рассмотренные животные остаются живыми и могут быть использованы для последующих биологических экспериментов.

Нами была проведена серия прижизненных исследований морфологии различных видов насекомых и клещей в растровом электронном микроскопе. Наиболее подходящими для этой цели оказались



Аргасовый клещ (Ornithodoros moubata): а — голова с вентральной стороны, увел. в 200 раз; б — пальпы, на концах которых видны механорецепторные сенсиллы, а под ними направленные назад зубцы хоботка, увел. в 2 тыс. раз; в — участок покровов тела из многочисленных растяжимых складок кутикулы и в центре механорецепторная сенсилла, увел. в 2 тыс. раз; г — та же механорецепторная сенсилла при увел. в 10 тыс. раз.

Иксодовый клещ (Hyalomma asiaticum): д — хоботок клеща с вентральной стороны, увел. в 200 раз; е — подвижный конец хелицеры с острыми зубцами для прорезания кожи хозяев и участок гипостома с

направленными назад зубцами, служащими для удержания клеща в месте прикрепления, увел. в 500 раз.

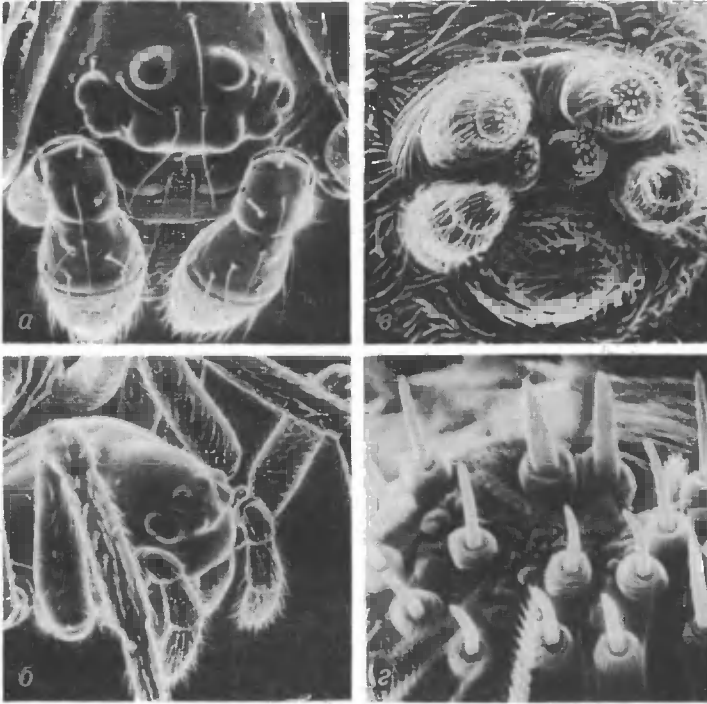
членистоногие с прочными покровами и достаточно совершенной регуляцией испарения воды через дыхальца. Благодаря этому такие насекомые выдерживают пребывание в вакуумной камере электронного микроскопа.

Мы выбрали для опытов постельного клопа (*Cimex lectularius*), крысиную блоху (*Xenopsylla cheopis*) и двух клещей (*Ornithodoros moubata* и *Hyalomma asiaticum*). Все

phreys W. J., Hunter P. E., Barke H. E.—Proceed. Cambridge Stereoscan Colloquium, 1970.

³ Howden H. F., Ling L. E. C.—«Science», 1973, v. 179, № 4071.

⁴ Brody A. R., Wharton G. W.—«Ann Entomol. Soc. America», 1971, v. 64, № 2.



Внешний вид головы паука (сем. *Mimetidae*), увел. в 200 раз [а].

Паук-пигмей (сем. *Micryphantidae*); б — внешний вид головогруды, хорошо видны глаза, хелицеры и пальпы, увел. в 100 раз; в — паутинные бородавки, увел. в 100 раз; г — кончик паутинной бородавки, на котором видны паутинные трубочки и перистые механорецепторные сенсиллы, увел. в 1 тыс. раз.

эти виды широко используются в лабораториях в связи с тем, что они являются переносчиками опаснейших природноочаговых инфекций человека (клещевой тиф, чума и др.). Из пауков наблюдали мелкие виды семейств *Micryphantidae* и *Mimetidae*.

В первые минуты, попадая в вакуум, насекомые и клещи сохраняют подвижность и только спустя определенное время впадают в оцепенение. В связи с этой их особенностью для исследования в растровом электронном микроскопе членистоногие должны быть предварительно обездвиганы. Для этого применяли

эфирный или хлороформный наркоз в дозах, не вызывавших последующей гибели.

Полученные фотографии не уступали по качеству, а в ряде случаев даже превосходили фотографии, сделанные с тех же объектов, но после их предварительной фиксации и напыления. На представленных фотографиях 1—4, выполненных при первичных увеличениях микроскопа от 50 до 10 тыс. раз, отчетливо видны как общие анатомические особенности исследованных видов, так и мельчайшие детали строения отдельных органов.

У ненаркотизированных животных в первые 10—15 мин пребывания в камере микроскопа на экране хорошо были видны движения конечностей и частей ротового аппарата. У паука можно было даже наблюдать выход паутинных бородавок. Эта особенность методики ценна для функционально-морфологических исследований, так как позволяет проследить работу отдельных органов. В то же время она может служить и препятствием для фотографирования, так как иногда недо-

статочно сильно наркотизированные животные оживают и начинают двигаться. Фокусировка живых объектов при больших увеличениях приводила к интенсивному тепловому воздействию электронного луча, что также вызывало сокращения мускулатуры. Эти факторы серьезно затрудняли фотографирование при увеличениях более 2 тыс. раз.

Пребывание живых объектов в вакуумной камере микроскопа от 30 мин до 1,5 ч не приводило к их гибели. Насекомые и клещи, удаленные из-под микроскопа по окончании срока наблюдений, оживали при комнатной температуре спустя 10—20 мин. В дальнейшем у них не было отмечено каких-либо внешних повреждений или отклонений в поведении.

Накопление статического заряда на поверхности тела, как это происходит при исследовании в тех же условиях ненапыленных сухих животных, в данном случае незначительно и не препятствует наблюдениям. Отток зарядов возможен благодаря высокой электропроводности живой кутикулы. Вся толща последней пронизана мельчайшими поровыми каналами, внутри которых заключена межклеточная жидкость или цитоплазматические выросты, имеющие очень высокую электропроводимость.

Возможность изучения отдельных групп животных живыми без какой-либо специальной обработки в растровом электронном микроскопе открывает исключительно широкие перспективы применения этого прибора в зоологии. До сих пор он служил почти исключительно для целей морфологии. Теперь же создается реальная возможность включения электронно-микроскопических исследований во многие биологические эксперименты. В результате существенно расширяется круг признаков, подвергаемых той или иной оценке, так как стало возможным анализировать мир множества ультраструктур, недоступных для разрешающей способности световой оптики.

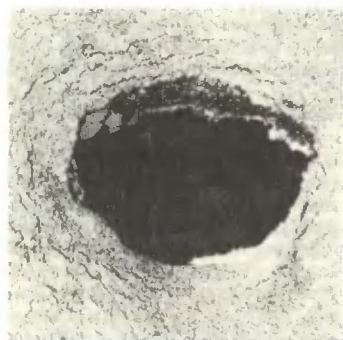
УДК 591.4

Метеоритика

Падение метеоритов

19 августа 1974 г. в поселке Нарагх (Иран) на крышу дома упал метеорит¹, не причинив зданию серьезных повреждений. Это был сравнительно редкий случай, когда метеорит попадает в постройку. Пройдя через покрытую асфальтом черепичную кровлю, он пробил эллипсообразную дыру, длина оси которой составляла 30 см. При падении космической «пришелец» оставил на полу одной из классных комнат отчетливый, хотя и небольшой след.

Метеорит весом в 3,14 кг имеет форму эллипсоида с длиной осей 17×15×13 см.



Отверстие в крыше школы, оставленное упавшим метеоритом.



метеорит эллипсоидной формы весом 3,14 кг; отколовшийся кусок весит 60 г.

Отколовшийся от него кусок весит 60 г.

Нарагхский метеорит каменный; он темно-серого цвета с зеленоватыми вкраплениями; около 25% его поверхности занимает обладающая магнитными свойствами кора плавления толщиной в 0,5—1 мм. В состав метеорита входят оливин, пироксен, камасит, троилит, хромит и плагиоклаз. Судя по всему, Нарагхский метеорит можно отнести к оливино-бронзитовым хондритам.

3 марта 1975 г. рядом с поселком Инджопега в долине р. Асаро (Новая Гвинея) упал метеорит².

Многочисленные свидетели отмечают, что небесное тело двигалось с северо-восточной стороны и оставило V-образный дымовой след. Полет сопровождался звуком, похожим на шум вертолета. Падение метеорита вызвало мощный взрыв и толчок, ощущавшийся на расстоянии 25 м. Через несколько минут на месте падения начались раскопки. Интересно, что поднятые осколки были слишком горячими, чтобы их можно было взять в руки.

Через 4 дня геолог П. Левенштейн обследовал место падения. Образовавшаяся лунка (10×13 см) углублялась на 0,5 м под углом 70° на юго-запад; почва в этой местности — мягкий латерит.

Извлеченное тело оказалось каменным метеоритом — хондритом с массой 7,33 кг, диаметром 18 см. Оно отправлено для подробного анализа в лабораторию Австралийского национального университета (Канберра).

8 марта 1976 г. в северо-восточной части Китая был зарегистрирован исключительно сильный метеоритный дождь³, продолжавшийся 37 мин и выпавший на необычно большой площади — 500 км². Всего в этом районе собрано около 100 метеоритов. Наиболее крупный из них весит 1770 кг. Это самый большой из всех зарегистрированных до настоящего времени

¹ «Umschau in Wissenschaft und Technik», 1975, № 23. S. 733—735.

² «Smithsonian Institution Event Notification Card», 1975, № 2137.

³ «New Scientist», 1976, № 999, p. 290.

каменных метеоритов; как правило, их вес колеблется от нескольких килограммов до нескольких десятков килограммов. (Железные метеориты значительно превышают по своему весу каменные; наиболее крупный, метеорит Гоба, найденный в 1920 г. в Юго-Западной Африке, весил 60 т.) Скорость падения этого каменного метеорита относительно Земли составляла 12 км/с. В результате его удара о замерзшую землю образовался кратер глубиной 3 м и диаметром около 2 м.

Минералогический состав выпавших метеоритов обычен: в них найдены оливин, бронзит, хондрит и другие минералы, обнаружены также кремний, магний, железо, сера, кальций, никель, алюминий. Возраст метеорита 1—4 млрд лет.

УДК 523.51

Геология

Загадка шестигранной ряби

В. Н. Шванов
С. С. Латонин

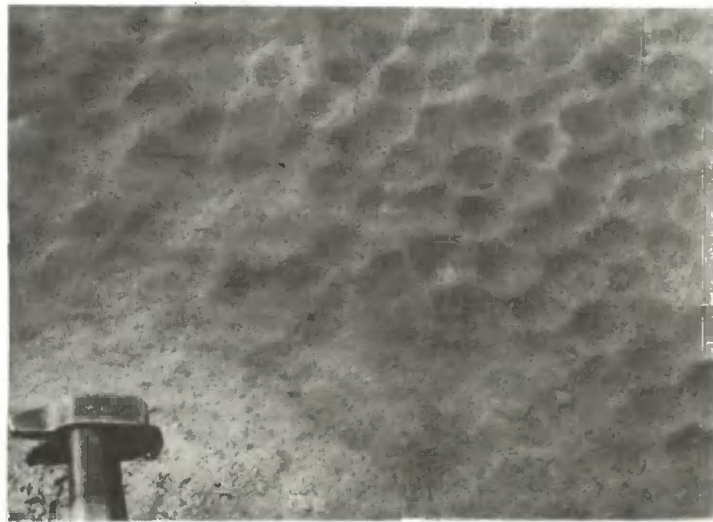
Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова

В разрезах осадочных толщ самого разного геологического возраста встречаются скульптурные образования в виде шестиугольной сеточки, которым еще в 1851 г. итальянский геолог Менеггини дал название *Palaeodictyon*. Обнаруживаются они обычно в виде контротпечатков на нижней поверхности пластов осадочных пород, реже на их верхней поверхности, и имеют размеры от нескольких миллиметров до 5—6 см. По поводу происхождения *Palaeodictyon* в литературе более 150 лет ведется оживленная дискуссия: имеют ли эти загадочные образования органическую или неорганическую природу. Их считают результатом колебаний воды, выходами пузырьков газа, трещинами усыхания, ископаемыми сотами, сле-



Ископаемые *Palaeodictyon* на поверхности песчаника.

Ячеистая интерференционная рябь в форме *Palaeodictyon*. Снимок сделан через воду. Фото авторов.



дами движения головастиков, отпечатками губок, кораллов, водорослей, панцирей рептилий, икры рыб, следами ползания червей...

Недавно на поверхности современного осадка удалось наблюдать образования в форме *Palaeodictyon*, сформированные в результате колебаний воды, что позволило отнести их к категории волновых знаков ряби. Наблюдались они в небольшом, до 10 м в поперечнике, озере глубиной 5—25 см, расположенном на пойменной террасе р. Санги-кара (приток Сурхоба) в южном Тянь-Шане. Очертания ря-

би в большинстве случаев были правильными шестигранниками, иногда несколько искаженными, с появлением в отдельных случаях пятиугольных ячеек. Материал, слагающий ячейки, представлял собой алевро-пелитовый осадок желтовато-серого цвета, в центральной части ячеек и в основании перегородок более вязкий, в верхних частях перегородок тонкий с примесью гумусовых веществ, легко разрушающийся при прикосновении и создании искусственного волнения воды в озере. Тонкий материал располагался на песчаном субстрате, по-ви-

димому, лишенном знаков ряби. Диаметр ячеек составлял 4—5 см, высота перегородок 2—2,5 см.

Наблюдения над знаками ряби в течение пяти дней показали, что они существовали только при слабом ветре. Сильный ветер их полностью разрушает, а затем через два дня вновь восстанавливает их в точно такой же конфигурации и размерах.

Ориентировка шестигранников оставалась все время постоянной и приблизительно соответствовала направлению бортов долины, в данном месте расширяющейся и представляющей искаженный шестиугольник поперечником 400—500 м.

Образование шестигранных ячеек происходило под действием потоков воздуха — прямого, движущегося по долине, и отраженных от ее бортов. Можно предполагать, что в результате этого образуется некоторый центр взаимодействия различно ориентированных фронтов ветровых потоков. При воздействии на воду каждый фронт вызывает свое направление колебаний водной поверхности. Пересекая же, эти системы колебаний образуют результирующую систему волн в виде стоячей сетки из шестиугольников, которая, действуя на тонкий илистый осадок, приводит к развитию шестигранной ячеистой ряби.

В стороне от центра взаимодействия воздушных потоков, где одно из направлений ветра начинает преобладать, ячеистая рябь видоизменяется. В ней начинает преобладать какое-то одно из направлений в развитии перегородок, которое образует систему валиков, соединенных перемиками из редуцированных перегородок двух других направлений. В этом случае морфология ряби меняется, приближаясь к типу волновой линейной ряби. Кроме того, в стороне от центра взаимодействия воздушных потоков рябь может не формироваться вовсе, как это происходит в соседнем озере, выполненном теми же осадками. Таким образом, можно утвер-

ждать, что ячеистая шестигранная рябь принадлежит к типу волновой интерференционной ряби и является, наряду с более распространенными и хорошо известными прямоугольной и ромбовидной рябью, еще одной ее разновидностью. Внешнее сходство шестигранной ряби с образованием типа Palaeodictyon, по-видимому, может способствовать пониманию той обстановки, в которой в древние геологические эпохи происходило накопление осадков, содержащих эти формы.

УДК 627.223.6

Вулканология

Активизировался вулкан Мерапи

С февраля 1976 г. сильно активизировался вулкан Мерапи, расположенный на о-ве Ява (Индонезия) в пункте с координатами 07°32'30" ю. ш., 110°26'30" в. д. Увеличилось число и интенсивность землетрясений вулканического происхождения, лавовый купол поднялся значительно выше и на нем возникли области с красным свечением.

5 марта из кратера с большой силой вырвалось облако бело-красного дыма; его столб поднялся на 350 м над вершиной горы. В последующие дни со склонов сходили многочисленные каменные лавины. В течение всего месяца наблюдалось извержение палящих облаков, причем в отдельные сутки их число достигало 30.

Группа, возглавляемая Дж. Хадикусумо (Вулкано-логический отдел Управления геологической съемки Индонезии), вела наблюдения в полевых условиях и в вулкано-логической обсерватории Негрос, расположенной на юго-западном склоне горы, в 11 км от вершины.

Было обнаружено, что нижняя часть лавового купола, объем которой составляет около 400 тыс. м³ (около одной трети всего купола), к

8 марта сползла вниз по склону.

7 и 8 марта крупные палящие облака спустились в юго-западном направлении и опустошили притоки Батанга. То же самое произошло с долинами рек Сат, Блонкенг и Бебенг, весь лесной покров здесь выгорел.

Ветер относил тучи мелкозернистых вулканических продуктов на расстояние до 37,5 км от кратера. Объем вулканического пепла, осевшего на восточных склонах, оценивается в 580 тыс. м³, а лавинного материала, выброшенного на верхнюю часть юго-западных склонов, — в 300 тыс. м³.

«Smithsonian Institution
Natural Science Event
Bulletin», 1976, v. 1, № 6,
p. 2—3 (США).

Зоология

Лоси вернулись в Молдавию

М. Н. Лозан
Доктор биологических наук
Кишиневский государственный
университет им. В. И. Ленина

Лось — одно из древних животных нашей страны. На территории Молдавии его предки обитали еще в миоцене (более 20 млн лет назад). Древние лоси были современниками саблезубого тигра, мастодонта, гиппариона, гигантского динотерия — самого крупного из всех млекопитающих, когда-либо обитавших на Земле. В начале антропогенного периода (1 млн лет назад) в Молдавии обитали две формы лосей: широколобая и древнекавказская.

В голоценовом периоде (12—14 тыс. лет назад) и в последующие века лоси, как и многие другие ценные виды животных, подверглись истреблению. В Молдавии лоси были целиком уничтожены еще в XVI—XVII вв. То же, хотя и в разное время, произошло и на близлежащих тер-

риториях. В середине XIX в. ареал лося в Восточной Европе чрезвычайно резко сократился за счет сильного отступления южной границы к северу. В момент глубокой депрессии вида на помощь пришли советские законы, запрещающие охоту на лося.

Прошел сравнительно небольшой отрезок времени, и количество лосей заметно увеличилось.

Несмотря на коренные изменения лесостепного и степного ландшафтов вследствие его окультуривания, лоси стали расширять свой ареал к югу, вновь заселяя некогда покинутые территории. В 50-е годы, мигрируя из Белоруссии и РСФСР, они освоили многие районы Украины, а в 60-е годы достигли Молдавии.

В Молдавии первые лоси отмечены в ноябре 1966 г. Это была пара молодых животных в возрасте 3—4 лет. Они поселились в Центральные Кодрахи и часто выходили на опушки леса, заглядывали в прилегающие к лесу сады.

С тех пор прошло всего 10 лет, а в Молдавии уже ежегодно отмечается 30 и более лосей разных возрастов в более чем десяти районах. Они придерживаются лесных участков северной и центральной части, а к югу заходят до Ниспоренского, Котовского и Комратского районов. Во многих лесничествах, особенно в островных лесах севера республики, группы лосей из 3—5 особей обитают постоянно на протяжении уже нескольких лет. На других лесных участках отмечается лишь временное их появление.

Лоси в Молдавии питаются зимой главным образом побегами боярышника, клена, сосны, бересклета бородавчатого, осины и дуба. В летние месяцы помимо древесной пищи широко используется травянистая растительность. Детально этот вопрос не изучен, но, видимо, животные не голодают.

В последние годы лоси на территории республики стали размножаться. Местами, например в урочище Чернолевка, лесники подкармливали телят лося молоком.

Как установлено, некоторые, ставшие уже крупными, особи в возрасте 2—3 лет являются местными. Можно сказать, что лоси уже вошли в фауну Молдавии, существенно восполнив обедневший животный мир этого района.

УДК 591.615

Ботаника

Карпинская лиственнично-кедровая роща

М. Ф. Петров

Свердловское научно-производственное лесозаготовительное объединение

На десятки километров отбснены таежные леса от бывшего центра Богословского горного округа (Северный Урал) — г. Карпинска, родины знаменитого геолога и первого советского президента Академии наук СССР Александра Петровича Карпинского. В центре Карпинска рельефно выделяется лиственнично-кедровая роща, уникальная по запасам древесины и единственная в Советском Союзе, где можно проследить особенности совместного роста на протяжении ста лет лиственницы и кедра — этих ценнейших хвойных пород.

Лиственнично-кедровая роща площадью в 1,5 га была посажена в 70-х годах прошлого столетия. Молодые экземпляры лиственницы и кедра, взятые из окрестных лесов, были посажены в шахматном порядке (на 1 га 530 саженцев).

В настоящее время стволы лиственницы выносят ажурную крону на высоту более 30 м, а сибирские кедры раздalis вширь, выделяясь своей темно-зеленой окраской. Средний диаметр лиственниц — 48 см, кедров — 40 см при высоте лиственниц 31,2 м, а кедров — 21 м. Древостой лиственницы поражает своим запасом древесины, который составляет 1362 м³/га. Запас древесины кедров — 821 м³/га.

Кедровых и лиственничных лесов естественного происхождения с такими запасами древесной массы пока не выявлено не только на Урале, но и на всей территории Западной и Восточной Сибири. Карпинская лиственничная роща по своей продуктивности превосходит многие посадки этой породы и в Европейской части СССР. Растет она более интенсивно, чем известная Линдуловская роща. Эта роща была заложена в 1738 г. Адмиралтейской коллегией по проекту Петра I, предлагавшего создать около Кронштадтской верфи лес из «сибирского дуба».

Сравнение роста лиственницы в Карпинской роще с лиственницей в Линдуловской роще, посаженной в 1743 г. пятилетними сеянцами, с такой же густотой, как и посадки в Карпинской роще, показало, что в Линдуловской роще насаждение в столетнем возрасте имело запас древесины 715 м³ (в пересчете 530 деревьев на 1 га); на самом лучшем участке возрастом 130 лет запас составлял 936 м³, т. е. 69% по сравнению с запасом древесины Карпинской лиственничной рощи (данные Д. И. Товстолеца, 1907). Правда, площадь Карпинской рощи составляет не более пятидесятой части Линдуловской.

Карпинская лиственнично-кедровая роща, с учетом долговечности этих пород, имеет пока юношеский возраст. Но при надлежащем внимании к ней и охране она войдет зеленым памятником в последующие столетия. Известно, что кедры могут достигать возраста 600 и более лет; так, например, более чем 600-летние кедры, растущие на западе от Карпинска, за Буртымским хребтом, и имеющие диаметры стволов не менее 150 см. Близ р. Чусовой, ниже ее притока Большой Шимши, известна лиственница с диаметром ствола в 180 см. Она появилась не позднее XIV в. Вот каким масштабом времени может измеряться и будущее Карпинской лиственнично-кедровой рощи!

УДК 351.744.5

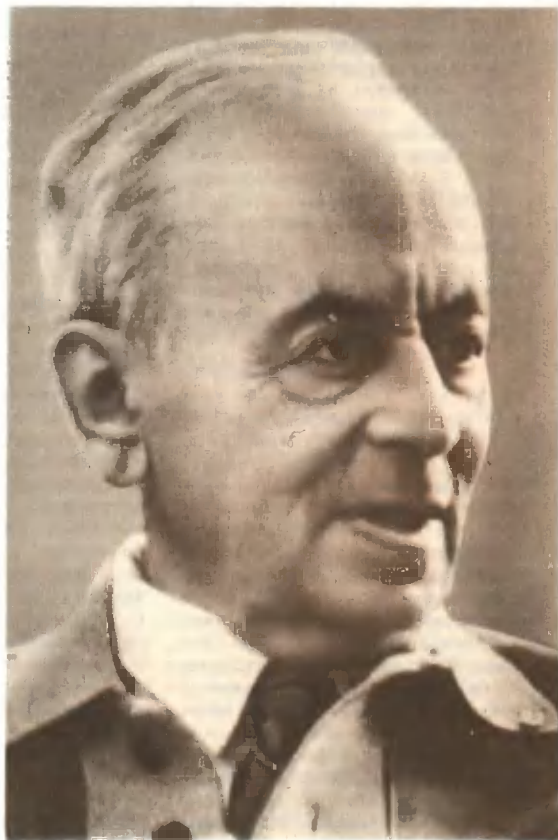
Памяти Г. М. Франка

10 октября 1976 г. после тяжелой болезни на 73-м году жизни скончался крупнейший советский биофизик, коммунист, директор Института биологической физики Академии наук СССР, член редколлегии журнала «Природа», академик Глеб Михайлович Франк.

Г. М. Франк родился 24 мая 1904 г. в Нижнем Новгороде. В 1925 г. окончил биологический факультет Крымского государственного университета по специальности «экспериментальная биология», а в 1929 г.— аспирантуру Ленинградского физико-технического института и защитил кандидатскую диссертацию. В 1935 г. ему была присуждена ученая степень доктора биологических наук, а в 1939 г.— звание профессора.

Для всей научной деятельности Г. М. Франка характерной особенностью всегда был поиск новых научных направлений и в связи с этим создание новых творческих коллективов и научных учреждений. Им была создана лаборатория фотобиологии в Ленинградском физико-техническом институте, с 1933 г. он заведует радиационной лабораторией во Всесоюзном институте экспериментальной биологии (ВИЭМ); в годы Великой Отечественной войны Г. М. Франк ведет интенсивные прикладные исследования на базе эвакуационного госпиталя, внедряя физиотерапевтические методы лечения; с 1946 г. руководит радиационной лабораторией, на основе которой в 1948 г. организует и возглавляет Институт биофизики Академии медицинских наук СССР.

С 1953 г. научная и организационная деятельность Г. М. Франка неразрывно связана с Институтом биологической физики АН СССР, который он возглавляет с 1957 г. до последних дней своей жизни. В стенах этого института наиболее полно раскрывается его талант ученого и организатора.



Большой вклад в развитие отечественной биофизики внесли работы Г. М. Франка по созданию новых методов исследования мышцы и изучению ее сократительного аппарата на всех уровнях организации, а также по исследованию

структуры живой клетки. Г. М. Франк стал одним из основоположников теории биологического действия радиации и создателем практических основ защиты от излучения. Неоценимую роль сыграли работы Г. М. Франка по использованию современных физических методов в биологии и медицине. Одним из первых в мире он применил в этой области электронную микроскопию, метод меченых атомов, рентгенструктурный анализ. Под его руководством построено множество вычислительных автоматов, с помощью которых возможен количественный машинный анализ структур и параметров клетки.

При непосредственном участии Г. М. Франка многие фундаментальные научные достижения радиационной биофизики, биофизики мышечного сокращения, фотобиологии были успешно внедрены в медицину и сельское хозяйство.

Особая роль принадлежит Г. М. Франку в создании первого в нашей стране научного центра биологических исследований Академии наук СССР в Пущино — крупного комплекса исследовательских институтов, первым директором которого он был с 1963 г. по 1967 г.

Большую и важную работу по укреплению международного научного сотрудничества Г. М. Франк проводит на посту члена Совета Международного Союза по теоретической и прикладной биофизике. Ученые социалистических стран хорошо знают активную деятельность Г. М. Франка как представителя СССР в Совете Уполномоченных стран — членов СЭВ и СФРЮ по проблеме «Исследования в области биологической физики».

За большие достижения в развитии биологической и медицинской науки Г. М. Франк в 1945 г. избирается членом-корреспондентом, а в 1966 г. — действительным членом Академии наук СССР; он был почетным членом ряда зарубежных академий и научных обществ.

Г. М. Франк был членом бюро Отделения биохимии, биофизики и химии физиологически активных соединений, Председателем Научного совета по проблемам биологической физики АН СССР, главным редактором журнала «Биофизика».

Выдающаяся научная, педагогическая и организационная деятельность Г. М. Франка неоднократно отмечалась правительственными наградами: ему дважды присвоено звание лауреата Государственной премии СССР, он награжден двумя орденами Ленина, четырьмя орденами

Трудового Красного Знамени, многими медалями.

Г. М. Франк был пионером изучения в нашей стране проблемы биологической подвижности, объединившей в себе решение ряда ключевых вопросов современной молекулярной биологии, биохимии и биомеханики, создателем, самобытной биофизической школы.

Яркая личность Г. М. Франка оставила неизгладимый след в советской и мировой науке. Исключительное человеческое обаяние, редкая одаренность и образованность, простота в общении, высокое чувство долга и доброжелательность снискали ему всеобщую любовь и уважение.

Память о Глебе Михайловиче Франке, пламенном патриоте, выдающемся ученом и замечательном человеке, навсегда сохранится в наших сердцах.

Редколлегия

О значении методологии в научном познании

Б. М. Болотовский

Доктор физико-математических наук
Москва



МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФИЗИКИ. История и современность. Отв. ред. Б. М. Кедров и Н. Ф. Овчинников. М., «Наука», 1975, 512 с.

Когда наука сталкивается со сложными проблемами, решение которых затягивается, бывает очень важно уяснить, в чем коренятся основные затруднения, «где жмут сапоги», по выражению А. Эйнштейна. Для этого нужно проанализировать основные понятия, которыми оперирует наука, степень обоснованности, адекватности этих понятий, соотношения между этими понятиями, выражающие определенные законы природы и т. д.,

короче говоря, необходимо от фундамента и до крыши проверить все здание соответствующей области науки и отыскать в этом здании слабые места. Ясно, что для такого анализа необходимы конкретные естественнонаучные знания. Но не менее необходим для решения этой задачи и философский подход. Когда начинаешь знакомиться с историей великих физических открытий, видишь, что их совершали люди, которых с равным основанием можно назвать и великими учеными и великими философами.

Во многих областях современной физики — в теории элементарных частиц, в космологии, в физике твердого тела и в ряде других — имеются нерешенные проблемы. По поводу этой ситуации мнения разделяются. Одни считают, что для решения этих проблем недостает опытных данных и необходимо ставить новые эксперименты. По мнению других, беда в том, что некогда или некому сесть и подумать как следует над уже имеющимися опытными данными.

Один известный физик-теоретик как-то в шутку сказал, что будь его воля, он бы закрыл на некоторое время все ускорители, чтобы иметь возможность без спешки подумать о тех результатах, которые уже получены. По существу, эта шутка как раз и отражает ту точку зрения, что сейчас главная задача заключается не в дальнейшем накоплении опытных фактов, а в их методологическом анализе.

Сказанное объясняет тот интерес, с которым я читал книгу «Методологические принципы физики», созданную коллективом специалистов в области истории и методологии естествознания (авторы — И. А. Акчурин, И. С. Алексеев, В. П. Визгин, А. Ф. Зотов, С. В. Илларионов, Б. М. Кедров, Е. А. Мамчур, Н. Ф. Овчинников, А. А. Печенкин). Для физика эта книга привлекательна прежде всего своей актуальностью, поскольку она со-

держит конкретный философский анализ важнейших теоретических положений, на которых строится здание современной физики, анализ, так сказать, физической идеологии. Многие считают, что роль ведущей науки в современном естествознании сейчас переходит от физики к биологии. У авторов рецензируемой книги на этот счет такое мнение: «...При всех успехах современной теоретической биологии и необычайных трудностях новейших физических теорий мы вынуждены констатировать, что объективная ситуация современной системы научных знаний такова, что физика продолжает вносить решающий вклад в собрание идей, определяющих строй научного мышления. Современные физические теории содержат те исходные принципы, действие которых распространяется за пределы первоначальной области их применимости. Высокий уровень систематизации физического знания, возросшая степень применения математики, глубина влияния на мировоззренческие запросы людей, не говоря уже о необычайной широте практических приложений,— все эти высокие показатели, характеризующие физику, по-прежнему удерживают эту науку в числе лидеров современного научного знания. Вот почему методологический анализ физического знания в его истории и современной ситуации представляется особенно необходимым. Результаты такого анализа могут иметь общенаучное значение» (с. 3—4).

С этими словами я полностью согласен. Разговоры о том, что физика перестает быть ведущей наукой, пока что остаются разговорами. Естественна научная картина мира в настоящее время в определяющей степени основана на достижениях физики.

Авторы выбрали десять методологических принципов и разбор каждого из них посвятили отдельную главу. Вот эти принципы: принцип объяснения; принцип простоты; принцип единства физической картины мира; математизация как принцип единства физических теорий; принцип сохранения; принцип симметрии (здесь надо пояснить, что под симметрией подразумевается инвариантность относительно некоторых преобразований; в этом смысле, например, релятивистская инвариантность есть симметрия относительно преобразований Лоренца); принцип соответствия; принцип дополнительности; принцип наблюдаемости; принцип элементности и понятие элементарности.

Конечно, все эти положения очень

важны для понимания структуры физического знания и особенностей его развития, но у читателя уже при беглом ознакомлении со структурой книги возникает вопрос: насколько полна эта система принципов? Совсем не пытаясь дать окончательного решения, сделаю два замечания. Мне представляется, что, помимо перечисленных, следовало бы включить в книгу очень важный в методологическом отношении принцип физической идеализации. Он заключается в том, что при исследовании любого явления необходимо выделить наиболее существенные черты, а остальные не принимать во внимание. Например, если размеры тела достаточно малы, то можно считать тело материальной точкой, если деформация тела очень незначительна, то тело можно считать абсолютно твердым и т. д. Таким образом, реальный физический объект заменяется идеализированной схемой, которая, однако, правильно учитывает все его основные черты. Без применения этого принципа невозможно существование ни одной физической теории (и не только физической). Этот принцип тесно связан с другими, рассмотренными в книге, в частности с принципом соответствия и с принципом дополнительности, которые очерчивают границы, отделяющие допустимую идеализацию от недопустимой при переходе от классического описания к квантовому.

Далее. Хотя принцип релятивистской инвариантности входит как составная часть в принцип симметрии, он заслуживает более подробного обсуждения из-за той огромной роли, которую играет как в физике, так и в философском осмыслении природы. Может быть, стоило бы обсудить этот принцип отдельно.

Речь идет не о добавлении новых глав. Принцип физической идеализации объекта можно было бы изложить в главе «Принцип объяснения», а принцип релятивистской инвариантности действительно является частью широко понимаемого принципа симметрии. Замечание сводится к недостаточной в некоторых случаях полноте изложения.

Как правило, авторы рассматривают не только методологическое содержание того или иного принципа, но и историю его возникновения, а также место, занимаемое тем или иным общим принципом физики в ряду остальных. Когда речь заходит о дискуссионных вопросах, авторы достаточно полно излагают различные точки зрения. Здесь надо отметить, что

книга «Методологические принципы современной физики» снабжена большим количеством библиографических ссылок на методологические исследования советских и зарубежных исследователей. Эти ссылки (и, конечно, обсуждение соответствующих трудов в тексте книги) дают представление о той огромной работе, которая проводится во всем мире и имеет необычайно важную цель — философское осмысление состояния физики и путей ее развития¹. Поэтому книга может рассматриваться не только как методологическое исследование, но и как своеобразный библиографический справочник.

Мне хотелось бы сделать ряд замечаний и относительно существа рассматриваемых вопросов.

Первое относится к вопросу о наглядности физических теорий. В книге не раз встречается утверждение, что для понимания так называемой «новой» физики (т. е. теории относительности и квантовой физики) нужно полностью отказаться от наглядности. Нам кажется, что это утверждение все в меньшей степени соответствует истинному положению дел.

Что такое наглядность? Это в значительной степени синоним повседневности, привычности. Для нас наглядно то, к чему мы привыкли. В момент своего появления новая теория совершенно лишена наглядности именно потому, что наглядными считаются представления старой теории. Основные положения квантовой механики настолько отличались от привычных, устоявшихся положений классической механики, что казались лишенными наглядности. Так думали не только философы, так думали сами физики. Создание квантовой механики, по словам Л. Д. Ландау, доказало, что человек может понять даже то, чего он не может себе представить.

Однако не следует забывать, что все высказывания такого рода относятся ко времени утверждения новой теории.

Это время уже позади. С момента открытия «новой» квантовой механики прошло более пятидесяти лет, специальная теория относительности существует более семидесяти пяти лет. Сейчас мы становимся свидетелями того, как основные положения этих теорий обретают наглядность. В первую очередь, наглядные представления вырабатываются у тех, кто работает в области новой теории и ее применений, т. е. у ученых, инженеров, технологов. Затем наглядность становится общим достоянием. По-видимому, первый этап обретения наглядности уже завершился. Для тех, кто работает в области теории относительности и квантовой механики, основные их положения вполне наглядны.

Глава, посвященная единству физической картины мира как методологическому принципу, заканчивается словами Дирака: «Наша цель — получить единую всеобъемлющую теорию, пригодную для описания всей физики в целом... Такая всеобъемлющая теория еще не создана. Она является той конечной целью, к достижению которой стремятся все физики» (с. 203).

Действительно, цель создания единой и всеобъемлющей теории, несомненно, очень привлекательна, но надо отдавать себе отчет в том, что в полном объеме она недостижима. Достижение этой цели означало бы полное познание абсолютной истины. Но если нет единой и всеобъемлющей теории, то в чем же тогда заключается единство физической картины мира? Оно заключается в единстве подхода ко всем этим явлениям. В частности, это единство подхода выражается в методологических принципах, которым посвящена книга.

Ряд принципов, разобранных в книге, играет важную роль не только в физике, но и вообще в естественных науках. Таковы принцип объяснения, принцип количественного описания (математизации), принцип наблюдаемости. Однако авторы ограничивают и в этом случае рассмотрение только областью физики и даже не указывают на всеобщее значение этих принципов для всех естественных наук. В действительности же, по моему мнению, эта книга полезна не только для физиков и философов.

Хорошо написана глава «Принцип ответственности», в которой этот принцип рассматривается как выражение преемственности в науке. Автор совершенно правильно, на наш взгляд, утверждает, что

¹ По моему убеждению, для развития методологической работы в области естественных наук следовало бы перевести на русский язык ряд очень важных зарубежных исследований, в частности книгу М. Джеммера «Концептуальное развитие квантовой механики» и книгу В. Гейзенберга «Часть и целое». Эти книги появились сравнительно недавно. Из более «древних» упомянем книгу А. Пуанкаре «Наука и гипотеза». Удивительно, что она не вошла в недавно изданный трехтомник Пуанкаре.

научная революция не зачеркивает предыдущего знания, а указывает границы применимости старых представлений и их место в более широкой системе новых представлений. В связи с этим совершенно справедливо подвергаются критике концепции К. Поппера, Т. Куна и И. Лакатоша. Эти авторы, рассматривая важные для истории науки, методологии и науковедения вопросы смены одной системы научных воззрений на другую, либо, как Т. Кун, выражают сомнения в самом факте преемственности теоретического знания, либо, как И. Лакатош, вообще отказываются от рассмотрения преемственности². Принцип соответствия иллюстрируется в книге на примере связи квантовых и классических представлений. Однако широко понимаемый принцип соответствия (т. е. рассматриваемый как выражение преемственности в научном знании) может быть проиллюстрирован и рядом других примеров. Так, хорошим примером было бы рассмотрение связи между классической механикой и специальной теорией относительности.

Глава «Принцип дополнительности» написана ясным и четким языком, дает хорошее представление о существе проблемы и содержит практически полную библиографию. В книге показано, что принцип дополнительности и принцип соответствия, пожалуй, наиболее ярко выражают диалектику современного физического знания.

В заключение хотелось бы обратить внимание на отдельные некорректные формулировки. Например:

«Так как вероятностное распределение в квантовой механике невозможно сделать сколь угодно узким, то причинное описание физических процессов может рассматриваться лишь как дополнительное к пространственно-временному» (с. 62). Можно сделать вероятностное распределение в квантовой механике сколь угодно узким, нельзя только это сделать одновременно для двух дополнительных величин.

«Признание эфира, как преимущественной системы отсчета, делало уравнение Максвелла неинвариантным относительно преобразований Галилея», — читаем мы на с. 100. В действительности признание или непризнание эфира ника-

кого отношения не имеет к факту инвариантности или неинвариантности уравнений Максвелла по отношению к той или иной группе преобразований. Кроме того, уравнения Максвелла инвариантны по отношению к преобразованию Галилея.

На с. 117 утверждается, что в современной физике микромира привычный аппарат дифференциальных уравнений не работает. Это, мне кажется, слишком категоричное утверждение. Возможно, что для описания некоторых явлений в современной физике микромира нет подходящего математического аппарата, нет физической модели, и приходится довольствоваться тем, что дают вспомогательные соображения. В целом вся квантовая механика построена на привычном аппарате дифференциальных уравнений, и этот аппарат работает.

Но таких высказываний немного. В целом книга представляется мне очень полезной. Она дает полное представление о современном состоянии методологии физики — и об успехах и о еще не решенных проблемах. Польза от книги была бы еще больше, если бы некоторые разделы, весьма содержательные и интересные (это относится, в первую очередь, к изложению роли математики в физике к рассмотрению принципа симметрии) были написаны в расчете на более широкие круги читателей. Для того чтобы физики и философы могли продолжать и развивать содружество в области методологии, нужно для начала яснее и проще писать как о философских проблемах (это нужно для физиков), так и о физических (это нужно для философов).

Впрочем, может быть, таких требований и нельзя предъявлять к этой книге — она рассчитана на вполне определенный круг читателей, обладающих необходимой подготовкой. Но тогда следует поставить вопрос о необходимости подготовить такую книгу, где ясно и понятно, но, по возможности, без потерь, были бы освещены основные вопросы методологии физики. Эту книгу надо писать так, чтобы она могла служить учебным пособием для изучающих естественные науки. Такое учебное пособие необходимо, как необходимо и введение более современного курса, знакомящего студентов с философией научного познания.

² С тех же позиций взгляды Т. Куна критикует и В. Л. Гинзбург («Природа», 1976, № 6).

Геология — фундамент градостроительства

А. М. Портнов

Кандидат геолого-минералогических наук

Москва



Р. Леггет. ГОРОДА И ГЕОЛОГИЯ. Пер. с англ. В. З. Махлина. Под ред. Д. А. Минеева. М., «Мир», 1976, 558 с.

Непрерывный рост городов остановить невозможно. Массовая застройка быстро и навсегда изменяет внешний облик планеты. Предполагается, что на рубеже XX—XXI зв. население планеты возрастет вдвое по сравнению с современным, а площадь, занимаемая городами, увеличится более чем в два раза. В этих условиях рациональное планирование, экономичное и безопасное строительство немислимы без точного знания геологии

районов будущихстроек. Решению многочисленных проблем, возникающих при превращении Земли в планету-город, посвящена книга американского геолога Р. Леггета. Она содержит огромный, тщательно подобранный и научно систематизированный материал, изложенный необычайно просто и поэтому доступный не только специалистам, но и всем, кто интересуется вопросами градостроительства и влиянием природы на облик городов.

Города должны строиться добротно и на века. Это понимали строители еще в глубокой древности. Сохранился замечательный документ, написанный еще в XVIII в. до н. э. царем Вавилона Хаммурапи: «Если строитель построит человеку дом и сделает свою работу непрочной, так что построенный им дом обвалится и причинит смерть хозяину дома, то этого строителя должно убить. Если же дом построен непрочным, так что он обвалился, то строитель должен отстроить обвалившийся дом за свой счет...»

Незнание слова «геология» не мешало нашим далеким предкам правильно выбирать места для закладки городов. Не следует думать, что они обладали врожденным «геологическим чутьем». Еще в I веке до н. э. Витрувий написал знаменитые «Десять книг об архитектуре», ставшие для древних римлян учебником по инженерному делу, с учетом геологических факторов при строительстве, планировании и водоснабжении городов. Разумеется, интуиция и опыт играли при этом ведущую роль. Нередко древние строители ошибались — и тогда города приходилось переносить на новые места, где был устойчивый грунт, в изобилии имелась вода и т. д. Задача современных градостроителей заключается в том, чтобы избежать подобных ошибок.

По словам Фрэнсиса Бэкона, «чтобы управлять природой, надо ей подчиняться». «Подчинение природе» — таким

девизом, по мнению Р. Леггета, должна руководствоваться любая планирующая организация.

Планирование городов базируется на данных геологического картирования (детального исследования) площадей застройки, причем кроме традиционных методов необычайно ценную новую информацию дают цветные стереоскопические аэрофотоснимки, а также инфракрасная и радарная аэрофотосъемка. Помимо геологической информации, инженерно-геологические карты должны давать геоморфологическую, гидрогеологическую, инженерно-геологическую информацию, отдельно для изверженных и осадочных пород, а также для грунтов. Необходимо учитывать вопросы водоснабжения, возможность проведения подземных коммуникаций, наличие стройматериалов, а также особые геологические условия: возможность оползней, разрушительных селевых потоков, землетрясений, наводнений.

Большой город «выпивает» ежедневно целую реку воды: лишь очень немногие крупные города не испытывают трудностей с водоснабжением. Огромное количество воды требуется для промышленности: производство 1 т стали требует 270 т воды; еще больше воды необходимо для производства 1 т бумаги. Поэтому речных и озерных вод, как правило, не хватает и приходится бурить скважины. Однако подземная вода нередко солоновата или содержит вредные примеси. В приморских городах неумеренная откачка подземных вод ведет к их засолению за счет проникновения в пласты морской воды. Неумеренный расход подземных вод привел к оседанию столицы Мексики — Мехико — на 6 м; в значительной мере по той же причине опускается в море Венеция и многие другие города. Предупреждение подобных явлений, по мнению Р. Леггета, также входит в обязанности геологической службы. В Гонконге, например, в качестве водохранилища удалось использовать морской залив с глинистым водоупором, отделив его от моря и заменив морскую воду пресной.

В начале XX в. в Канаде было обнаружено необычайно быстрое разрушение подземных бетонных конструкций. Оказалось, что это явление связано с повышенным содержанием сульфатов в подземных водах. Гидрохимические исследования показали, что во многих районах

мира необходим специальный цемент с повышенной устойчивостью к сульфатам.

Одной из наиболее актуальных проблем для проектировщиков всегда оставался выбор грунта под фундаменты городских сооружений. Осадка зданий — бич для архитекторов, переоценивших прочность глубоко залегающих слоев. Известны случаи, когда значительные просадки были связаны с уплотнением пластов, залегающих в 30 м от поверхности! Предвидеть подобные явления можно лишь на основании детальных геологических исследований в районах застройки.

Так, два здания Нью-Йорка, самые высокие в мире, имеют шесть подземных этажей только потому, что фундамент необходимо было поставить на скальные породы, расположенные здесь на глубине 21 м. На площадках, сложенных слабыми и водонасыщенными грунтами, применяются кессонные «плавающие» фундаменты, где вес здания соразмеряется с объемом фундамента. Например, в Женеве на мягких глинах был построен огромный гараж с семью подземными этажами.

Строительство городов неизбежно сопровождается подземными работами, при которых особенно важно знание особенностей геологического строения. Под улицами и зданиями всегда скрыта сложная разветвленная сеть туннелей: здесь проходят электрокабели, связь, водоснабжение, дренаж и т. д.

Р. Леггет подчеркивает, что у горожан, отвыкших от общения с природой, надо будить интерес к тому, что лежит под асфальтом мостовых. Застройка городов должна сохранять рельеф местности, а не превращать ее в горизонтальную унылую плоскость, где овраги засыпаны, а холмы срезаны ножом бульдозера.

В условиях планового социалистического хозяйства строительство новых городов стало привычным элементом нашей повседневной жизни. Только за период с 1917 по 1965 гг. в нашей стране было построено 900 новых городов! К 1980 г. в городах СССР будет проживать 190 млн. человек, т. е. 70% населения страны. Интерес к проблемам градостроительства захватывает самые широкие слои населения. Однако популярных и общедоступных публикаций на эту тему практически не было. Поэтому перевод книги Р. Леггета на русский язык представляется очень своевременным и несомненно, что эта работа будет встречена читателями с большим интересом.

О космических цивилизациях

М. А. Корец, Э. Л. Понизовский

Москва



ПРОБЛЕМА СЕТИ¹ (Связь с внеземными цивилизациями). Под ред. С. А. Каплана. М., «Мир», 1975, 352 с.

Вопрос о существовании внеземных цивилизаций и о связи с ними стоит «на повестке дня» уже около двух десятилетий. Рецензируемая книга подводит итог нашим знаниям и гипотезам по этому поводу. В нее вошли доклады, с которы-

ми советские и зарубежные ученые выступили на Международной конференции в Бюракане в 1971 г., а также стенограммы происходивших там дискуссий. Книга продумана и составлена так, что производит композиционно цельное впечатление и читается как увлекательный научно-фантастический роман, в создании которого принимали участие ученые разных специальностей: астрономы, физики, биологи, социологи и философы.

В первой из двух частей книги обсуждается возможное число цивилизаций в нашей Галактике. К сожалению, здесь мы далеки даже от приближенного ответа. Поэтому во второй части обсуждается другой подход к проблеме: не зная плотности возможного размещения цивилизаций во Вселенной, ученые пытаются интуитивно выбрать ту или иную стратегию их поиска, исходя из достигнутого на Земле уровня технических возможностей приема и подачи сигналов.

Основу первой части составляют дискуссии вокруг формулы, предложенной известным радиоастрономом Ф. Дрейком. Число цивилизаций (N) в Галактике определено им следующим образом:

$$N = R_* f_p n_e f_l f_c L$$

Здесь R_* — среднее число звезд, образующихся в Галактике за год, f_p — доля звезд с планетными системами, n_e — среднее число планет данной системы, пригодное для жизни, f_l — доля планет, на которых действительно возникла жизнь, f_c — доля тех из них, на которых появился разум, f_c — доля планет, несущих разум и достигших такой фазы, когда становится возможна связь с другими цивилизациями, и, наконец, L — средняя продолжительность жизни подобной цивилизации.

Первые два множителя относятся к области астрофизики. R_* — единственное число, которое довольно точно опре-

¹ Communication with Extraterrestrial Intelligence — общепринятое международное обозначение проблемы связи с внеземными цивилизациями.

делено ~ 10 . Число f_p , хотя и не определено, но крайние оценки здесь отличаются не больше чем в 100 раз, что уже предвещает собой сравнительно удовлетворительную точность. Кроме того, примерно ясны пути, по которым это расхождение можно будет уменьшить.

На стыке астрономии и биологии стоит определение p_e , иначе говоря, определение условий, пригодных для возникновения жизни. Здесь наука даже не подошла к возможности указать какой бы то ни было интервал между верхним и нижним пределами. Прежде всего, нет четкого определения самого понятия жизни и, следовательно, тех условий, которые нужны для нее. Нельзя даже полностью исключить такие фантастические формы жизни, как рассмотренные Ф. Хойлом в романе «Черное облако» и С. Лемом в «Солярисе».

Не лучше обстоит дело и со следующим множителем формулы Дрейка f_l — долей планет, на которых возникла жизнь. В книге подробно обсуждается вопрос возникновения жизни на Земле — частный случай, к счастью, нам достоверно известный. Основные элементы, из которых строятся белки и нуклеиновые кислоты, аминокислоты и нуклеотиды, обнаружены в космосе и, несомненно, в обилии присутствовали на молодой Земле. Получаются они и в лаборатории, где сделана попытка смоделировать условия, максимально приближающиеся к существовавшим тогда на Земле. Однако очень трудно объяснить, почему из 100 равноправных аминокислот только 20 могут составлять все белковые молекулы, от простейших до самых сложных, и почему все без исключения нуклеиновые кислоты имеют праввинтовое строение. Справедливо ли это только для Земли и почему именно для Земли? Ответы на эти вопросы настолько трудны, что оценки величины f_l лежат в пределах от 1 до ничтожно малой величины порядка 10^{-22} , т. е. от закономерного обязательного возникновения жизни до столь редкого, что около звезд всей Метагалактики жизнь могла бы возникнуть только один раз. Ф. Крик сказал по этому поводу: «В данный момент наши знания биохимии не позволяют нам сделать разумную оценку фактора f_l » (с. 51). И хотя открытие внезапной жизни очень облегчило бы ответ на этот вопрос, он может быть решен и путем биологических исследований на Земле.

Следующий фактор f_i — вероятность

эволюции жизни до возникновения разума. Это предмет нейрофизиологии, эволюционной биологии и философии. Надо определить, что такое разум и на какой ступени развития жизни можно считать его возникшим. Дискутируется неожиданный вопрос о размерах разумного существа. Чтобы разместить нервные клетки, необходимые для создания сложного мышления, нужен довольно большой объем. Гипотезы о возможности объединения ряда простейших существ для «коллективного» мышления большинством авторов рассматриваются как крайне сомнительные.

Итак, оценки фактора f_i также меняются от 1 (эволюция жизни неотвратимо приводит к появлению разума) до очень малой величины (разум — крайняя редкость).

Антропологи, археологи, историки и социологи должны участвовать в оценке множителя f_c , означающего вероятность создания цивилизации, способной связаться с другими мирами. Здесь оценки довольно высоки, и основной проблемой становится лишь вопрос о скорости технологического развития. Человеческая цивилизация насчитывает примерно 10 тыс. лет, а осуществлять межпланетную связь мы оказались способны всего лишь 20—30 последних лет. Как вычислил канадский ученый Р. Ли, доля длительности существования жизни относительно длительности существования разума и доля длительности существования разума относительно продолжительности существования цивилизации составляет 99,9%, т. е. 4 млрд лет к 4 млн и 4 млн, скажем, к 10 тыс.

И, наконец, L — продолжительность существования цивилизации, самая загадочная величина. Если для всех предыдущих факторов был хотя бы один достоверный случай — наша Земля, то для L , к счастью для нас и к несчастью для дискуссии, нет ни одного примера.

Итак, чуть ли не все науки должны достичь еще значительного прогресса, прежде чем можно будет хотя бы по порядку величины оценить значение N . Однако метод субъективной оценки всех факторов в формуле Дрейка, по данным анкеты, разосланной SETI, дал значение N равным 10. Любопытно, что в ответе на прямой вопрос о числе цивилизаций в Галактике дана более высокая оценка — 200—600. Расхождение между разными авторами здесь очень велико.

Необходимо еще упомянуть, что

иногда при обнаружении астрономического «чуда» некоторые исследователи пытались объяснить его вмешательством интеллекта. Так было с пульсарами, с радиосигналами СТА-102, с не объясненными еще сверхмощными γ -всплесками. Однако участники конференции, о которой идет речь в книге, по предложению И. С. Шкловского, приняли принцип «презюмции естественности». Иначе говоря, ни одно открытое явление не может считаться искусственным феноменом, пока не будет доказана невозможность его естественного объяснения.

Во второй половине книги обсуждаются технические методы обнаружения внеземных цивилизаций и контактов с ними. Для рациональной постановки этого вопроса надо было прежде всего условиться, считать ли физические законы универсальными для всей Вселенной. В. Л. Гинзбург (и с ним согласны остальные авторы) указывает, что физические законы одинаковы для сколь угодно далеких областей Вселенной. Исключением могут быть лишь области вблизи сингулярности (внутри черных и белых дыр), но рассмотрение этих проблем выходит за рамки дискуссии. Однако никто не исключает возможности того, что цивилизации, давно обогнавшие нашу, открыли пока еще нам не известные физические законы, и на их основании создали такие способы связи, которые мы не можем пока себе представить.

Какими же могут быть контакты, исходя из уровня современной техники? Здесь могут обсуждаться три проблемы: прием сигнала, посылка сигнала и классический путь (типа географических открытий) — прямое путешествие. Сегодня третий путь возможен только в пределах Солнечной системы. Однако возможность существования второй цивилизации в Солнечной системе учеными полностью отбрасывается. Но и открытие простейших форм жизни (пока что отсутствие их доказано только для Луны) дало бы очень много.

Обнаружить инопланетную (вернее, инозвездную) цивилизацию можно либо по ее космоинженерным действиям, либо, если она, также стремясь наладить космическую связь, подает или изотропный, или направленный сигналы. Для изучения возможности обнаружения такой цивилизации принята предложенная Н. С. Кардашевым классификация: I тип — цивилизации, использующие энергию своей планеты, II тип — использующие энергию

своей центральной звезды и III тип — использующие энергию всей своей галактики. Ясно, что чем выше тип цивилизации, тем с большего расстояния может быть обнаружено ее воздействие на окружающий космос. Для III типа речь может идти о миллиардах световых лет, для II — о миллионах и для I — лишь о тысячах. Поиски всех типов цивилизаций могут проводиться попутно с обычными астрофизическими исследованиями, и в частности по программам картографирования звездного неба.

Значительно легче решается задача, если цивилизация по тем или иным причинам заинтересована в установлении контактов, а также если она уже осуществляет подобные контакты с другими, опередившими нашу, цивилизациями. Направленные радиосигналы даже той мощности, которая доступна для нас, могли бы быть уловлены при теперешней чувствительности радиоаппаратуры на расстояниях миллионов световых лет. Но для такого приема надо оказаться в пределах «луча» сигнала, вероятность чего чрезвычайно мала. Если та же мощность излучается изотропно, т. е. всенаправленно, то расстояние, с которого сигнал может быть обнаружен, уменьшается в сотни и тысячи раз.

В книге обсуждается, на каких частотах надо ловить и испускать сигналы, говорится о проектах соответствующих технических установок.

Однако мало принять сигнал — надо его еще понять, расшифровать. Очевидно, что отправители сигнала (мы или инопланетяне) должны сделать его наиболее простым для расшифровки. Это тоже нелегкая задача. Хорошо, если психика инопланетян будет аналогична нашей. А что, если она принципиально отлична? Можно ли найти такие понятия, которые будут доступны любому разуму? Постепенно возникает новая наука — космолингвистика, занимающаяся рассмотрением этих вопросов.

Размеры рецензии не позволяют перечислить даже ничтожную долю всех проблем, которые затронуты в книге. Читатели получат не только самую разнообразную информацию, но и соприкоснутся с творческим методом мышления выдающихся ученых. Эти ученые не только выдвигают интереснейшие идеи, но и образно обосновывают их в дискуссии с сильнейшими оппонентами.

Космонавтика

«СОЮЗ» И «АПОЛЛОН». Под ред. К. Д. Бушуева. М., Политиздат, 1976, 271 с., ц. 2 р. 69 к.

Книга написана советскими учеными, инженерами и космонавтами — непосредственными участниками совместных работ с американскими специалистами по подготовке и осуществлению полета кораблей «Союз» и «Аполлон».

Более трех лет в СССР и США шла работа над решением сложных организационных, технических и многих других проблем, чтобы успешно выполнить программу ЭПАС. Каждая глава книги — это рассказ о решении одной из проблем.

Иллюстрированная схемами, рисунками и документальными фотографиями, превосходно изданная Первой Образцовой типографией им. А. А. Жданова, эта книга — хороший подарок для всех, кто интересуется космонавтикой.

Астрономия

В. Г. Фесенков. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. Солнце и Солнечная система. Предисл. Г. Ф. Ситника. М., «Наука», 1976, 504 с., ц. 3 р. 12 к.

Сборник избранных трудов известного советского астронома и астрофизика Василия Григорьевича Фесенкова (1889—1972) знакомит читателя с одной из сторон его многообразной научной деятельности. «Трудно найти такую область астрономии, в которую В. Г. Фесенков не внес бы существенного вклада», — пишет автор вступительного очерка Г. Ф. Ситник. — Им опубликовано свыше 650 работ. Для его научных работ характерна оригинальность и глубина мысли, всесторонний учет многообразных взаимосвязей рас-

сматриваемого объекта или явления и неуклонное стремление всегда опираться только на тщательно проверенные факты». Но наиболее интенсивно работал В. Г. Фесенков над проблемой Солнца и Солнечной системы. Поэтому составители книги и решили собрать в ней статьи этой тематики. Они сгруппированы в четыре больших раздела: «Газово-пылевая составляющая Солнечной системы», «Солнце», «Планеты, спутники, кометы», «Проблемы космогонии и жизни во Вселенной». Из многочисленных работ этого направления в сборник включены те, которые отражают оригинальные идеи В. Г. Фесенкова, этапы развития той или иной проблемы, а также такие публикации, которые могут иметь непосредственное практическое значение для современных исследований.

В конце книги дана библиография трудов В. Г. Фесенкова по темам основных разделов сборника.

Физика

Я. Е. Гегузин. ПОЧЕМУ И КАК ИСЧЕЗАЕТ ПУСТОТА. М., «Наука», Сер. «Проблемы науки и технического прогресса», 1976, 207 с., ц. 72 к.

Я. Е. Гегузин — автор известных многим научно-популярных книг по физике «Капля» и «Очерки о диффузии в кристаллах». Его новая книга посвящена физике спекания, т. е. физике тех процессов, «...которые могут, изгнав пустоту из груды спрессованных порошинок, превратить ее если не в монокристалл, то в плотный монолит».

Особенность книги — в ее историчности: развитие идей современной теории спекания показано от самых истоков, относящихся к первым послевоенным годам, когда физика спекания, отделяясь от

огромного запаса знаний о технологических приемах, стала оформляться как самостоятельная глава физики твердого тела.

Автор сумел доступно рассказать, как в тесной взаимосвязи теории, эксперимента и технологии развивались и формировались новые идеи в области физики спекания. Он прослеживает и судьбу конкретных научных исследований, и творческий путь ученых, работающих в этой области.

Химия

А. А. Печеники. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КВАНТОВОЙ ХИМИИ.

Отв. ред. В. И. Кузнецов. М., «Наука», 1976, 151 с., ц. 60 к.

Квантовая химия, возникшая на стыке физики и химии и ставшая основой современной теории строения молекул, имеет историю короткую, но насыщенную бурными дискуссиями между представителями различных физических и химических школ. Главная проблема этих дискуссий — может ли «химизм» быть познан физическими методами? — не устарела и до сих пор.

В книге впервые рассматриваются закономерности развития квантовой химии под углом зрения методологии науки. Автором сделана попытка выявить основные методологические структуры, специфически реализующиеся в квантовохимическом познании. Книга состоит из пяти глав. В первых двух главах рассмотрено возникновение квантовой химии как результат экстенсивного развития научного знания, при этом квантовая химия представлена в качестве гипотезо-дедуктивной системы. Роль гипотез и моделей в квантовой химии раскрыта в третьей главе. Выяснение пре-

делов применимости квантовой механики в химии посвящена четвертая глава. В заключение говорится о становлении квантовой химии и развитии междисциплинарных отношений. На протяжении всей книги возникновение квантовой химии трактуется как закономерный итог эволюции физического и химического знания и как проявление общей тенденции к математизации естествознания.

Биология

Д. Ф. Петров. ПОТОМСТВО БЕЗ ОТЦОВ. (Апомиксис и его значение для селекции.) Новосибирск, «Наука», Науч.-попул. сер., 1976, 126 с., ц. 21 к.

Книга посвящена своеобразной форме размножения — апомиксису. Это понятие охватывает все случаи образования семян без оплодотворения яйцеклеток. Исследования показывают, что апомиктическое размножение широко распространено у многих покрытосеменных растений, относящихся к самым различным видам, родам и семействам. Эта форма размножения известна (под названием партеногенеза) и у животных — дафний, некоторых жуков и кузнечиков, многих рыб и амфибий, у птиц (индейки) и др.

Автор знакомит с некоторыми гипотезами о причинах и путях возникновения апомиктического размножения у растений. Рассматриваются и основные разновидности апомиксиса — нерегулярный и регулярный, две основные группы последнего — стимулятивный и автономный, их особенности. Книга содержит данные, которые убедительно свидетельствуют, что апомиктическое размножение имеет существенное и многообразное значение для эволюции покрытосеменных растений.

Большое внимание уделяет автор возможностям использования апомиксиса в селекции для усовершенствования ее методов, повышения качества новых селекционных сортов, для повышения эф-

фективности селекции и значительного удешевления семеноводства.

Эта книга будет полезна специалистам и интересна широким кругам читателей.

Биология

Б. С. Касавина, В. П. Торбенко. МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ОРГАНИЗМА. М., «Наука», сер. «Проблемы науки и технического прогресса», 1975, 200 с., ц. 70 к.

В книге рассматривается скелет как сложная система, являющаяся подвижным резервом многих минеральных веществ, в частности кальция, фосфора и магния, так необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности организма. В регуляции минерального обмена организма принимают участие и органические компоненты костной ткани, которые обладают способностью образовывать комплексы с минеральными веществами, в частности с кальцием. Авторы подробно рассказывают о роли витаминов, гормонов и ферментов в обмене минеральной и органической части кости. Специальное внимание уделено наследственным заболеваниям костной системы. Подробно описано одно из замечательных свойств костной ткани — огромные регенераторные возможности, которые позволяют излечивать многие повреждения без следов на месте травмы. Осуществление репаративных процессов требует оптимальной насыщенности организма минералами, в частности кальцием.

Книга написана живым языком и предназначена широкому кругу читателей.

Психология

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПСИХОЛОГИЯ. Отв. ред. О. К. Тихомиров. М., «Наука», 1976, 344 с., ц. 1 р. 56 к.

Успехи, достигнутые теоретической и экспериментальной кибернетики в области

конструирования «мыслящих автоматов» (межпланетные автоматические космические станции, шахматные алгоритмы и др.), получили всеобщее признание и вызвали встречный поток работ, в которых на новом уровне обсуждаются проблемы автоматизации умственного труда, или, как сейчас принято говорить, проблемы создания и использования «искусственного интеллекта». Данная книга отражает первый этап работы в рамках программы исследования «Психологические проблемы создания и использования искусственного интеллекта», организованной Комитетом по системному анализу при Президиуме АН СССР. Проводится сравнение интеллектуальной деятельности человека и принципов функционирования ЭВМ. Основное внимание авторы уделяют теоретическому и экспериментальному анализу специфических особенностей интеллектуальной деятельности человека, таких как мотивация, эмоциональная регуляция поиска, процессы постановки задачи, динамика умственной работоспособности.

Геология

А. А. Годовников. МИНЕРАЛОГИЯ. М., «Недра», 1975, 519 с., ц. 3 р. 11 к.

Книга отличается от обычных учебников минералогии меньшей перегруженностью цифровым материалом справочного характера и значительно большим вниманием к химическому составу минералов, их структуре, условиям образования с целью максимально приблизиться к пониманию минералогии как «химии земной коры» (В. И. Вернадский). Почти все кристаллохимические данные заимствованы из работ Н. В. Белова. Опираясь на них и богатый фактический материал минералогического характера, автор развивает свои представления о внутренних особенностях и характерных чертах большинства из рассматриваемых классов минералов. Для многих минералов приводятся совре-

менные термодинамические и экспериментальные данные о физико-химических условиях их образования. Это вполне закономерно, если учесть, что автор книги — крупный специалист именно в области экспериментальной минералогии. При описании условий образования минералов в природе использована обширная литература, в том числе новейшая. Книга богато иллюстрирована оригинальными фотографиями образцов минералов, по большей части из рабочей коллекции автора.

География

ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ. М., Изд-во Моск. ун-та, 1976, 344 с., ц. 1 р. 87 к.

Данный сборник посвящен 70-летию со дня рождения и 50-летию научно-педагогической деятельности одного из крупнейших географов нашей страны, лауреата Государственной премии, академика Константина Константиновича Маркова.

Сборник открывается кратким очерком творческой биографии ученого. Затем приводится полный список его трудов, начиная с 1927 г. (около 400 печатных работ, из них 32 — монографии и оригинальные учебники), свидетельствующих о широте научных интересов К. К. Маркова.

Основное содержание сборника составляют статьи, написанные ближайшими учениками и сотрудниками К. К. Маркова и дающие представление о важнейших научных направлениях, развиваемых ученым в настоящее время (общая физическая география, палеогеография плейстоцена и проблемы долгосрочного географического прогноза), о тех проблемах, над которыми работает коллектив кафедры общей физической географии и палеогеографии географического факультета Московского государственного университета, которую возглавляет К. К. Марков, с 1959 г.

История философии

Б. Э. Быховский. ШОПЕНГАУЭР. М., «Мысль», сер. «Мыслители прошлого», 1975, 206 с., ц. 22 к.

Философские труды, этические и искусствоведческие эссе, афористические опыты немецкого мыслителя Артура Шопенгауэра (1788—1860), последователя Платона и Канта, младшего современника Шеллинга и Гегеля, оказали существенное влияние на развитие буржуазной философии второй половины XIX — первой половины XX вв. Мирозрание Шопенгауэра-пессимиста, утверждавшего нелепость, бессмысленность человеческого существования и проповедовавшего иррационализм как адекватную бытию форму познания, преломилось позднее в философии Ф. Ницше, А. Бергсона, У. Джемса, Б. Кроче, а в эстетике — воззрениях Р. Вагнера и символистов. В России блестяще написанные труды Шопенгауэра ярко и точно переводились поэтом А. А. Фетом, литературным критиком Ю. И. Айхенвальдом и др.; в среде русских писателей-прозаиков известное влияние оказали они на И. С. Тургенева и Л. Н. Толстого. В книге Б. Э. Быховского с позиции марксистско-ленинской философии подвергнут критике метафизический иррационализм Шопенгауэра. Автор показывает, как обстоятельства жизни мыслителя отразились на его творчестве. В заключение вскрываются гносеологические корни влияния идей Шопенгауэра на буржуазную философию новейшего времени.

Науковедение

Г. Н. Волков. ИСТОКИ И ГОРИЗОНТЫ ПРОГРЕССА. Социологические проблемы развития науки и техники. М., Политиздат, 1976, 335 с., ц. 1 р. 45 к.

Автор книги известен вниманием к тем изменениям, которые вносит в жизнь об-

щества и человека научно-техническая революция. Это нашло отражение в ранее опубликованных его книгах «Социология науки», «Эра роботов или эра человека», «Человек и научно-техническая революция».

В данной книге рассматривается широкий спектр вопросов, связанных с происхождением науки, закономерностями ее развития и взаимодействием науки с техникой и материальным производством. Исходя из социальных задач, которые в ту или иную эпоху выполняет наука, автор выделяет три исторических периода в ее развитии: первый период (от момента зарождения в Древней Греции и до эпохи Галилея и Ньютона) характеризуется личностно-мировоззренческой ориентацией науки; в следующий период (начиная с XVII в. и вплоть до наших дней) наука ориентирована преимущественно на технологическую, производственную деятельность; третий период (берет начало во второй половине XX в.) отличается преимущественной тенденцией к развитию интеллектуального, творческого потенциала личности на основе развитого базиса «материально воплощающейся науки».

Анализ процессов развития науки и техники в рамках марксистской социологической теории производительных сил позволяет автору достаточно ясно очертить горизонты научно-технического прогресса.

К проблеме научного стиля Дарвина (Из записной книжки писателя)

О. Э. Мандельштам

Во все критические эпохи естественные науки были ареной особо ожесточенной борьбы за мировоззрение. Только внимательно изучив историю воззрений на природу, мы поймем закономерность в смене литературных стилей естествознания.

Дарвин не навязывает природе какой бы то ни было цели, он отрицает за нею какую бы то ни было благодать. Всего более далек он от мысли приписывать ей волю или разумные жидущие свойства.

С удивительным постоянством Дарвин дает захватывающие снимки животного или насекомого, застигнутого врасплох в самом типическом для него положении.

«Щелкун, брошенный на спину и пригнотившийся к прыжку, загибает голову и грудь назад, так что грудной отросток выдается наружу и помещается на краю своего влагалища. Пока продолжается это загибание головы назад, грудной отросток действием мышц сгибается подобно пружине; в это время животное опирается на землю краем головы и надкрыльев».

Нам уже трудно оценить всю небывалую свежесть этого описания, которое так и просится на пленку кино. Для того чтобы понять всю глубину художественно-научной революции, осуществленной Дарвином, сравним эту хищную, насквозь функциональную зарисовку жука с одним из описаний Палласа — натуралиста линнеевской школы, автора «Путешествия по разным провинциям Российского государства»:

...Вспомнил, что это искусство щелкуна нигде не было описано как следует.

Дарвин. Путешествие вокруг света на корабле «Бигл»

«Азиатская козявка. Величиной с сольтициального жука, а видом кругловатая с шароватой грудью. Стан и ноги с прозеленью золотые, грудь темнее, голова медного цвета. Твердорылия гладкие, лоснящиеся с примесью фиолетового цвета — черные. Усы ровные, передние ноги несколько побольше. Поймана на Индерском озере».

Насекомое преподнесено как драгоценность в оправе, как живопись в медальоне.

Систематика Линнея нуждалась в таких описаниях: «предустановленная гармония» в природе постигается непосредственно через классификацию; познавать и восхищаться одно и то же.

«Сие изящное строение сердца с входящими к нему жилами служит единственным побуждением к кровообращению», — говорит Линней.

Почти столетие отделяет Линнея от зрелого Дарвина. Между ними — Ковье, Бюффон и Ламарк. Структурные и анатомические признаки в натуралистических сочинениях возобладали над чисто живописными приметам. Искусство «миниатюры» Палласа пришло в упадок. Но по существу мало что изменилось.

На место неподвижной системы природы пришла живая цепь органических существ, подвижная лестница, стремящаяся к совершенству. Вместо бога-архитектора (Линней) у деиста Ламарка — конституционный монарх. Классификация, по Ламарку, нечто искусственное, как бы волосяная сетка, накинутая человеком на разнообразие явлений. Что же остается натуралисту, как не восхищаться по-прежнему, но уже не единичными феноменами природы, а ее классами, расположенными в порядке поступательного развития.

Французская революция оставила глубокий отпечаток на стиле естество-

Очерк был впервые опубликован в газете «За коммунистическое просвещение», от 21.IV.1932, № 94 (1963).

дов. Тот же Бюффон в своих научных трудах выступает в роли революционного оратора. Он восхвалял «естественное состояние» лошадей, ставил людям в пример табуны диких коней, воздавал почести гражданской доблести коня.

А Ламарк, пищущий свои лучшие труды как бы на гребне волны Конвента, постоянно впадает в тон законодателя и не столько доказывает, сколько декретировать законы природы.

Замечательный прозаизм научных трудов Дарвина был глубоко подготовлен историей. Дарвин изгнал из своего литературного обихода всякое красноречие, всякую риторику и телеологический пафос во всех его видах.

Он имел мужество быть прозаичным потому, что имел многое и многое сказать и не чувствовал себя никому обязанным ни благодарностью, ни восхищением.

Лишь сочетание мысли с могучим инстинктом естествоиспытателя позволило Дарвину добиться таких результатов.

Я имею в виду инстинкт отбора, скрещивания и селективования фактов, который приходит на помощь научному доказательству, создает благоприятную среду для обобщения.

«Происхождение видов» состоит из 15 глав. Каждая из них расчленяется на 10—15 подглавок, размерами не больше воскресного фельетона из «Таймса». Книга построена с таким расчетом, чтобы читатель с каждой точки обзирал все целое труда. О чем бы ни говорил Дарвин, куда бы ни уводили извилины его научной мысли, проблема стоит всегда в своем полном объеме. Факты наступают на читателя не в виде одиночных примеров-иллюстраций, а развернутым фронтом — системой.

Приливы и отливы научной достоверности, подобно ритму фабульного рассказа, оживляют дыхание каждой главы и подглавки. Только в совместном звучании, только в созвездиях научные примеры Дарвина получают значимость. Дарвин избегает выписывать весь длинный «полицейский» паспорт животного со всеми его приметам. Он пользуется природой как великолепно организованной картотекой. В результате — изумительная свобода в расположении научного материала, разнообразие фигур доказательства и емкость изложения.

Дарвин рассказывает о том, как сложилось его убеждение. Так, рассказав о сухопутных хищниках, превращающихся в водных, и пояснив это превращение пе-

реходными типами, он тут же оговаривается: «Если бы меня спросили, как некоторые насекомоядные и четвероногие развивались в летучих мышей, я бы, пожалуй, смутился. Но это не важно».

Дневник путешествия на «Бигле» с его новым принципом естественнонаучной вахты продолжается в «Происхождении видов». С той лишь разницей, что Дарвин протягивает корреспондентские нити к бесчисленным адресатам, несущим ту же самую службу, во все концы земного шара.

Движимый инстинктом высшей целесообразности, Дарвин счастливо избегает «затоваривания» природы, тесноты, нагроможденности. Он на всех парах уходит от плоскостного каталога к объему, к пространству, к воздуху. Это ощутимо даже в самых сухих и служебных звеньях «Происхождения видов».

Чувство цвета у Дарвина больше всего изощряется на низших формах живых существ, где оно приходит на помощь характеристике их строения. В путевом дневнике Дарвина встречаются световые характеристики крабов, спрутов, медуз, моллюсков, заставляющие вспомнить самые смелые, красочные достижения импрессионистов.

Дарвин строго следит за профилем своего доказательства. В поисках разнокачественных опорных точек он создает настоящие гетерогенные ряды, т. е. группирует несхожее, контрастирующее, различно окрашенное. Он протягивает координаты от примера к примеру — в ширину, в глубину, в высоту, воздействуя с помощью подлинной селекции материала.

«Я назову только три случая: инстинкт, побуждающий кукушку откладывать яйца в чужих гнездах, рабовладельческий инстинкт муравьев и строительство пчелиных сотов».

Автор выхватил из гущи опыта всего-навсего три примера. Первый окрашен биологически (размножение), второй — исторически (рабовладельчество), третий архитектурно (пчелиные соты):

Блестяще разработанная столетними усилиями терминология в зоологии и в ботанике сама по себе обладает исключительной впечатляющей, образной силой. У Дарвина названия животных и растений звучат как только что найденные меткие прозвища.

Дарвина и Диккенса читала одна и та же публика. Научный успех Дарвина был в некоторой своей части и литературным. Читатель испытывал жесточайшую

реакцию против всего сентиментального, кисло-сладкого, пуританского. Этот читатель всему на свете предпочитал **характерное**, картинам природы — социальные контрасты. Реализм Чарльза Дарвина пришелся как нельзя более кстати. Его научная проза с ее биографической сухостью, с ее атмосферической зоркостью, с ее характеристиками в действии, на взрывающихся пачками примерах, была воспринята как литературно-библиографический документ.

Быть может, всего более подкупало читателя то, что Дарвин не расточал литературных восторгов перед законами и тенденциями, которые с такой ясностью утвердил.

Глаз натуралиста — орудие его мысли, так же как и его литературный стиль.

Несколько слов об очерке О. Э. Мандельштама

Для поэзии Осипа Эмилевича Мандельштама (1891—1938) характерны широкие исторические и историко-культурные ассоциации. Его стихи передают глубокое понимание архитектуры, живописи, музыки. В круг его интересов органично входят и труды естествоиспытателей — Линнея, Бюффона, Палласа, Ламарка, Дарвина. Подход к оценке этих трудов у О. Э. Мандельштама особенный, поэтический. Например: «Кто не любит Гайдна, Глюка

и Моцарта — тот ничего не поймет в Палласе»¹.

Публикуемый выше очерк «К проблеме научного стиля Дарвина» представляет интерес не только как любопытный штрих в творческой биографии поэта. Поэт читает Дарвина, и его пленяет стиль и слог, какими великий натуралист написал свои бессмертные творения. У Дарвина-естествоиспытателя он неожиданно открывает черты замечательного художника. Это — еще один яркий пример того, как тесно переплетаются между собой научное и художествен-

ное творчество, сколько у них точек соприкосновения. Напрашивается вывод: если поэт, подойдя с эстетической стороны, может оценить труды естествоиспытателя, то и ученый в состоянии с научной стороны проанализировать художественное, в том числе поэтическое произведение. В итоге все глубже и все полнее раскрывается то общее, что объединяет все виды творческой деятельности человеческого духа.

Небесполезен и практический совет, который дает поэт ученым: писать свои труды не сухим языком протокола, а образным языком художественного произведения.

Не обращать внимания на форму научных произведений — так же неверно, как игнорировать содержание художественных. Элементы искусства неумолимо работают в пользу научных теорий.

Никто не сумеет популяризировать Дарвина лучше его самого. Его научный стиль необходимо изучать. Но подражать бесполезно, потому что историческая ситуация, при которой стиль возник, никогда больше не повторится.

Небесполезен и практический совет, который дает поэт ученым: писать свои труды не сухим языком протокола, а образным языком художественного произведения.

Небесполезен и практический совет, который дает поэт ученым: писать свои труды не сухим языком протокола, а образным языком художественного произведения.

Академик Б. М. Кедров

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор
Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
К. М. ВОИНОВА, Т. Д. МИРЛИС

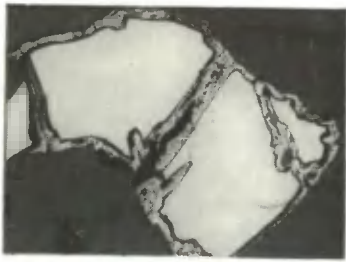
Подписано к печати 10/XII-1976 г.
Т22601

Формат бумаги 70×100 1/16
Бум. л. 5.
Уч.-изд. л. 17,1. Усл.-печ. л. 13,0
Тираж 80 000 экз. Зак. 2579

Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. г. Чехов Московской области

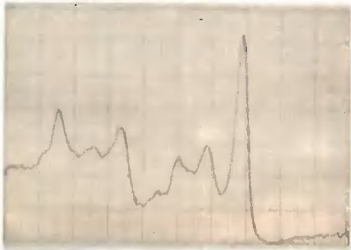
Адрес редакции 117049
Москва, В-49,
Мароновский пер., 26
Тел. 237-50-30; 237-22-97.

В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ



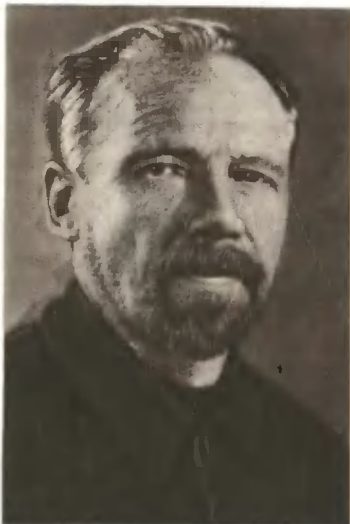
Сложные процессы выветривания ранее пытались объяснить простыми реакциями химического обмена. Только экспериментальные физико-химические данные, полученные в последние годы, позволили понять механизмы разрушения пород.

В. В. Добровольский. Механизмы гипергенеза.



Фотоэлектронная спектроскопия — первый экспериментальный метод, позволяющий получить полный спектр распределения электронов по энергии в атоме или молекуле.

В. М. Кулаков, Ю. А. Тетерин. Фотоэлектронная спектроскопия.



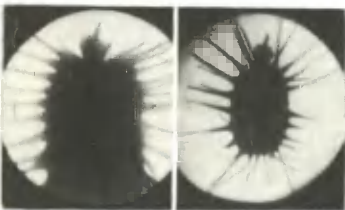
Из рода Филатовых-Ляпуновых-Крыловых, давшего отечественной науке выдающихся врачей и математиков, вышел и биолог — Дмитрий Петрович Филатов, создатель нового оригинального направления в экспериментальной биологии, теоретик, натуралист и мыслитель.

ДМИТРИЙ ПЕТРОВИЧ ФИЛАТОВ

Т. А. Детлаф. Д. П. Филатов-эмбриолог;

Д. П. Попов. Жизнь Д. П. Филатова;

Л. В. Крушинский. Воспоминания о Д. П. Филатове.



Явление фотореактивации, обнаруженное у высших растений, при его использовании в практике откроет новые пути более эффективного использования солнечной энергии.

Ю. Л. Соколов. Солнце Памира.



Одна из самых интересных проблем, стоящих ныне перед историками, — это проблема «исчезнувших народов». К их числу относятся южнорусские кочевники-половцы — герои многих легенд, сказаний, летописей, «Слова о полку Игореве».

С. А. Плетнева. «Исчезнувшие народы». Половцы.

Цена 50 коп.
Индекс 70707

