

5 ПРИРОДА

1983



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Заместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Член-корреспондент АН СССР
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

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

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

На первой странице обложки. «День птиц». См. в номере: Ильичев В. Д., Д. Н. Кайгородов — натуралист и популяризатор. Фото Б. И. Скачкова.

На четвертой странице обложки. Сотовые поры в перлите с выросшими в них кристаллами амфибола. Увел. в 2000 раз. См. в номере: Наседкин В. В., Боярская Р. В. Минералы внутри вулканического стекла.

В НОМЕРЕ

ГЕНИАЛЬНЫЙ МЫСЛИТЕЛЬ, ПЛАМЕННЫЙ РЕВОЛЮЦИОНЕР	2
Кедров Б. М. Прогноз Карла Маркса о единой науке будущего	4
Ойзерман Т. И. Становление марксизма и современные противники учения Карла Маркса	9
Барсуков В. Л., Урусов В. С. Фазовые превращения в мантии и расширение Земли	16
Бочков Н. П. Медицинские и социальные аспекты генетики человека	26
Проблемы медицинской биофизики. (Интервью с членом-корреспондентом АН СССР Л. А. Пирузьяном)	33
Массон В. М. Новое об энеолите Алтын-депе	42
Наседкин В. В., Боярская Р. В. Минералы внутри вулканического стекла	44
Добровольский В. В. Красные покровы тропиков	46
Разгон Л. Э. Душа, открытая природе	56
Аскарьян Г. А. Просветление мутных физических и биологических сред при их сжатии	72
Пахомов Б. Я., Большаков В. И. Динамичные системы и системный подход	79
Игнатьев Р. П. Первое в СССР рождение гепардов в неволе	88
Тернов И. М., Халилов В. Р. Электроны в сверхсильном магнитном поле	90
ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ	99
Коркишко В. Г., Шибнев Ю. Б. В заповеднике Кедровая падь. Огнетов Г. Н. Заход крупных китов в Белое море	101
НОВОСТИ НАУКИ	
Химический состав атмосферы Венеры • Второй «кандидат» в черные дыры • Открыт сверхбыстрый пульсар • Новые соображения о тунгусском явлении • Двухфотонное возбуждение позитрония • Остановлена бегущая световая волна • Сколь малы могут быть гелий-неоновые лазеры? • Шаровая молния в Кембридже • Третий в атмосферных осадках • Сийтез органических соединений астата • Фото- и термомеханические эффекты в кристаллах • К вопросу о происхождении человека • Вакцины будущего • Искусственная спячка у мышей • Механизм развития бешенства • Риск заболеть диабетом • Предостерегающая окраска планктонных животных • Эпизоотия среди тюленей • Плодородие почвы определяется дистанционным методом • Теплолюбивые животные в водоемах-охладителях электростанций • Нефтяное загрязнение Атлантического океана • Влияние цианидов на обитателей водоемов • Программа «Человек и биосфера» на Кубе • Время излияния базальтов в Центральном французском массиве • Состав инертных газов метеорита Царев • Магнитная стратиграфия палеогена • Прогноз землетрясений из космоса • Движения земной коры прослеживаются по древним ирригационным каналам • Древнейшие захоронения на территории Литвы	
РЕЦЕНЗИИ	117
Смирнов И. Н. Мировоззрение и наука (на кн.: Алексеев П. В. Естественнаучный материализм и материалистическая диалектика). Александров Д. А. Морфология, экологические ниши и эволюция (на кн.: Воронцов Н. Н. Низшие хомякообразные мировой фауны)	
НОВЫЕ КНИГИ	121
Басов Н. Г. Статьи и выступления • Силлс Дж. Большой взрыв • Вейценбаум Дж. Возможности вычислительных машин и человеческий разум • Подражанский А. М. Вижу дно Байкала! • Старикович С. Зверинец у крыльца • Бестон Генри. Домик на краю земли. • Жданов Ю. А. Хрустальный свод • Дэвлет М. А. Петроглифы на кочевой тропе • Васильевский Р. С., Лавров Е. Л., Су Бу Чан. Культуры каменного века Северной Японии • Эксперимент. Модель. Теория. • Громов Л. В., Данильянц С. А. Названное именем геолога	
В КОНЦЕ НОМЕРА	
Ильичев В. Д., Д. Н. Кайгородов — натуралист и популяризатор	125
Кайгородов Д. Н. Скворец	126

ГЕНИАЛЬНЫЙ МЫСЛИТЕЛЬ, ПЛАМЕННЫЙ РЕВОЛЮЦИОНЕР

В 1983 г. исполняется 165 лет со дня рождения и 100 лет со времени кончины основоположника научного коммунизма, учителя и вождя международного пролетариата Карла Маркса. Все прогрессивное человечество, передовые ученые во всем мире широко отмечают эти памятные даты.

Маркс первым в истории распространил материализм на понимание сферы общественных явлений, доказав, что история человеческого общества представляет собой закономерную смену общественных экономических формаций, создал подлинно научные политическую экономию и теорию коммунизма, вместе со своим единомышленником и верным соратником Фридрихом Энгельсом выработал научное философское мировоззрение — диалектический и исторический материализм. Созданный Марксом научный фундамент позволил обосновать историческую миссию рабочего класса — могильщика эксплуататорского строя и творца нового коммунистического общества, разработать программу, стратегию и тактику революционного пролетарского движения.

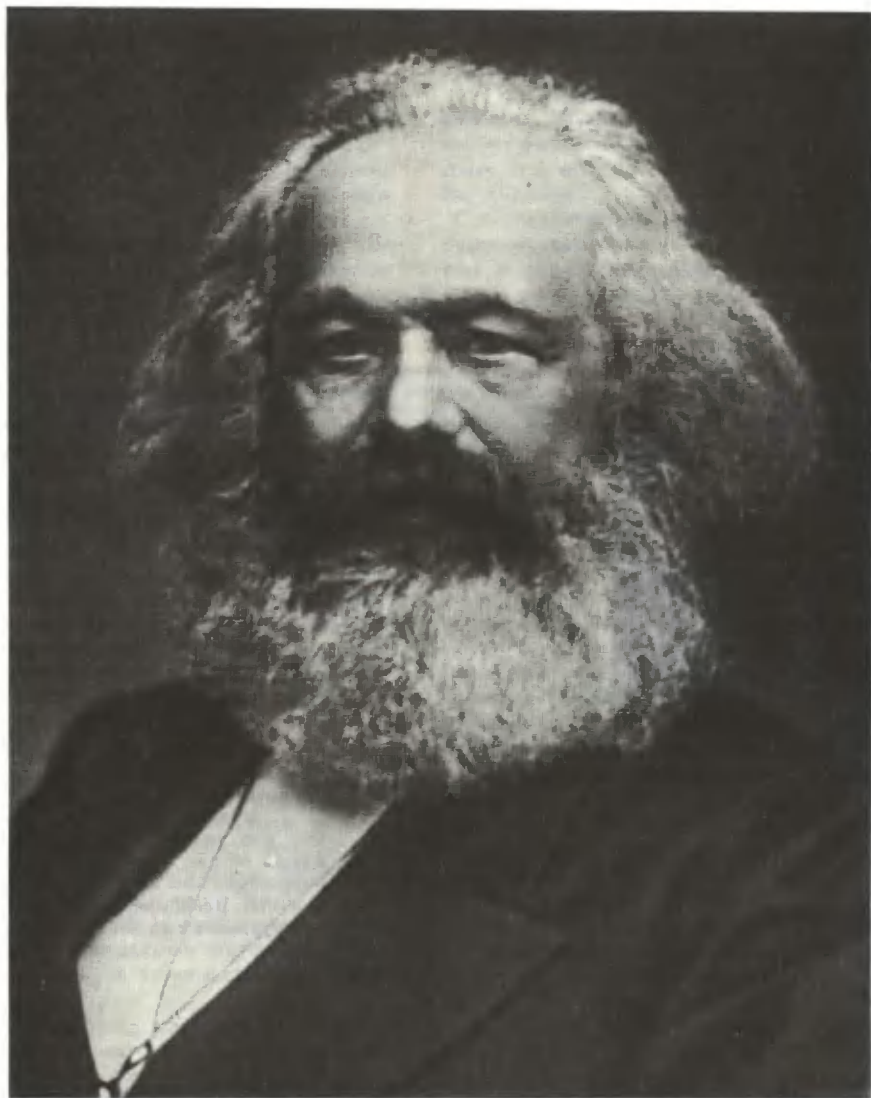
Маркс и Энгельс положили начало организованному международному коммунистическому движению под боевым девизом «Пролетарии всех стран, соединяйтесь!».

Творчески развитое В. И. Лениным применительно к новым историческим условиям учение Маркса, овладев умами миллионов людей, стало могучей материальной силой. Воплощением идей марксизма-ленинизма являются достижения трудящихся нашей страны, совершивших под руководством Коммунистической партии социалистическую революцию, построивших развитое социалистическое общество и уверенно идущих к коммунизму; успехи братских стран социалистического сотрудничества, международного рабочего и коммунистического движения. Марксизм-ленинизм — величайшее духовное достояние современной эпохи, теоретическая база для выработки обоснованной революционной политики, для решения сложных задач социалистического и коммунистического строительства, управления общественными процессами.

«Сегодня перед нами гораздо шире и глубже, чем перед современниками Маркса, раскрывается богатейшее содержание его учения,— пишет Генеральный секретарь ЦК КПСС Ю. В. Андропов.— Ведь одно дело — воспринимать идею исторической необходимости социализма в ее теоретическом виде, и совсем другое — быть также участниками и свидетелями процесса воплощения этой идеи в жизнь»¹.

Глубокое уважение каждого человека, испытывающего потребность осмыслить систему марксистских идей, вызывает личность Маркса, его научный метод, отношение к науке. «Не было человека,— писал Ф. Энгельс о Марксе,— который испытывал бы более чистую радость, чем он, при виде каждого достижения науки в любой области... Но на науку он смотрел прежде всего как на могущественный рычаг истории, как на революционную силу в самом высоком значении этого слова. И в качестве такой именно силы

¹ Андропов Ю. Учение Карла Маркса и некоторые вопросы социалистического строительства в СССР.— Коммунист, 1983, № 3, с. 11.



КАРЛ МАРКС
5.V 1818—14.III 1883

он ею пользовался, в этом именно видел он назначение тех огромных знаний, особенно во всех областях истории, какими он обладал»².

Редакционная коллегия предполагает опубликовать в «Природе» ряд материалов, посвященных памяти Карла Маркса. В этом номере читателю предлагаются статьи академика Б. М. Кедрова «Прогноз Карла Маркса о единой науке будущего» и академика Т. И. Ойзермана «Становление марксизма и современные противники учения Карла Маркса».

² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 19, с. 348—349.

Прогноз Карла Маркса о единой науке будущего

Б. М. Кедров



Бонифатий Михайлович Кедров, академик, заведующий сектором истории науки и логики Института истории естествознания и техники АН СССР. Занимается проблемами материалистической диалектики, философскими вопросами естествознания и истории науки. Член редколлегии журнала «Природа» и постоянный его автор.

...Гениальность Маркса состоит именно в том, что он дал ответы на вопросы, которые передовая мысль человечества уже поставила...

Учение Маркса всеильно, потому что оно верно. Оно полно и стройно, давая людям цельное мирозерцание, непримиримое ни с каким суеверием, ни с какой реакцией, ни с какой защитой буржуазного гнета...

В. И. Ленин

Почти 140 лет назад в своих «Экономическо-философских рукописях 1844 года» К. Маркс высказал замечательно интересную мысль о характере грядущей в далеком будущем науки. «Сама история является действительной частью истории природы, становления природы человеком. Впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет одна наука»¹. В «Немецкой идеологии», написанной им совместно с Ф. Энгельсом в 1845—1846 гг., Маркс говорит уже о принципиальном тре-

бовании рассматривать историю природы и историю людей как единую историю. «Мы знаем только одну единственную науку, науку истории. Историю можно рассматривать с двух сторон, ее можно разделить на историю природы и историю людей. Однако обе эти стороны неразрывно связаны; до тех пор, пока существуют люди, история природы и история людей взаимно обуславливают друг друга»².

В дальнейшем положение о единой науке будущего было конкретизировано и обосновано в трудах Маркса, получило статус научного прогноза, о справедливости

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. М., 1956, с. 506.

² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 3, с. 16, примеч.

которого говорят современные процессы сближения различных наук.

Однако существовали ли предпосылки для такого сближения в тот момент, когда Маркс сформулировал свой прогноз? Прежде всего следует подчеркнуть, что в середине 40-х годов прошлого века марксизм как научная философия еще только формировался, а вместе с этим общественные науки только приобретали свою научную форму, становясь подлинными науками в процессе рождения материалистического понимания истории.

Посмотрим, что же делалось тогда в естествознании. Оно лишь только начало выходить из односторонне аналитической стадии своего развития. Незадолго перед этим в самом конце 30-х годов XIX в., благодаря созданию клеточной теории в биологии, удалось объединить два царства живой природы, дотоле резко разделенных: растений и животных. В те же годы открытия М. Фарадея в области учения об электричестве и электролизе не только объединили в одно целое различные виды электричества, но и наметили связь этого учения с химией. В середине же 40-х годов лишь складывались предпосылки для оформления закона сохранения и превращения энергии, чему предшествовало установление связи между механикой и учением о теплоте (механический эквивалент теплоты). Только открытие этого основного закона физики в середине XIX в. проложило путь к раскрытию взаимосвязей и взаимопереходов между всеми физическими формами энергии, между ними и химической формой энергии.

Таким образом, для теоретического синтеза всего научного знания еще не сложились реальные условия. Прогноз можно было сделать лишь в порядке предвидения тенденций дальнейшего научного движения, опираясь на первые признаки появления таких тенденций. В этом и сказался великий гений Маркса.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПОСЫЛОК И УСЛОВИЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА МАРКСА

Первым и решающим фактом в направлении осуществления прогноза Маркса можно считать возникновение марксизма. В созданном Марксом совместно с Энгельсом в 1848 г. «Манифесте коммунистической партии», этом подлинно великом произведении человеческой мысли, все общественные науки представлены

в их единстве и глубочайшей внутренней связи. Подобному теоретическому синтезу способствовало открытие всепронизывающих фундаментальных законов жизни и развития общества, согласно которым вся его история есть история борьбы классов.

Философия марксизма обнаружила свои интегративные функции в том, что она в лице материалистической диалектики — душе всего марксизма — выступила как наука о наиболее общих законах всякого движения, всякого развития, действующих одновременно как во внешнем мире (в природе и обществе), так и в нашем сознании, мышлении, отражающем этот внешний мир. Такие наиболее общие законы по самому своему существу как раз и охватывают во внутренней связи то, что происходит в природе и обществе и отображается в человеческом мышлении.

В течение второй половины XIX в. происходит бурный процесс интеграции естественных наук. Рождение спектрального анализа (1860) положило начало образованию промежуточных научных дисциплин, связывавших между собою астрономию, физику и химию, в виде астрофизики и астрохимии. Появившаяся вслед за тем химическая термодинамика связала собою учение о механическом, тепловом и химическом движении, а электрохимия еще теснее сблизила учения об электричестве и химизме, на основе чего возникла в конце 80-х годов XIX в. междисциплинарная область науки — физическая химия. На самом рубеже XIX и XX вв. на стыке химии и биологии образовалась биохимия, опосредовавшая переход между ними.

Опираясь на научный метод Маркса, Энгельс показал в своих трудах «Анти-Дюринг», «Диалектика природы», «Людвиг Фейербах...» и др., как успешно в рамках естествознания выполняет материалистическая диалектика свою интегративную функцию. При этом Энгельс особо исследовал стыковую область между природой и обществом и раскрыл решающую роль труда как социального фактора в процессе перехода от обязыны (живой природы) к человеку (обществу). Тем самым раскрывались все новые и новые связи и переходы от наук естественных к наукам общественным, а значит подводились более широкие и фундаментальные предпосылки под прогноз Маркса.

Однако самым главным в этом отношении явилась разработка Марксом науч-

ной политической экономии как общего краеугольного камня всего комплекса общественных наук. Это нашло отражение прежде всего в работе «К критике политической экономии» (1859) и первом томе «Капитала» (1867).

Маркс показал, во-первых, что общественные науки, подобно естествознанию, имеют своим предметом раскрытие законов изучаемых явлений и следовательно, носят последовательно детерминистический характер. В Предисловии к первому тому «Капитала» он писал, что «конечной целью моего сочинения является открытие экономического закона движения современного общества» и что «я смотрю на развитие экономической общественной формации как на естественно-исторический процесс»³.

Этим Маркс еще и еще раз подчеркивает общность по характеру предмета общественных и естественных наук.

Во-вторых, общность естественных и общественных наук Маркс видит в том факте, что в XIX в. чрезвычайно возросла прямая связь науки с промышленностью, с производством, следовательно, с общественно-исторической, материальной практикой человечества. Практическая направленность науки, прежде всего естествознания, прямо включает ее в общую систему взаимодействующих элементов жизни общества, что было выражено Марксом формулой о все большем превращении науки в непосредственную производительную силу общества.

Наконец, в-третьих, существенную роль в сближении естественных, общественных и технических наук сыграло проникновение в них математических методов, ибо по самой сути дела математика абстрагируется от специфической, качественной определенности изучаемого предмета и учитывает лишь количественную его сторону, выражаемую в таких понятиях, как величина, число, функция, геометрический образ, структура, модель и т. д. Введение подобного метода позволяет находить общность между общественными, в особенности экономическими, науками, с одной стороны, и естественными, особенно физико-механическими, — с другой. По словам П. Лафарга, Маркс считал, что наука только тогда достигает совершенства, когда ей удается пользоваться математикой. Прогноз же Маркса о слия-

нии общественных и естественных отраслей научного знания в одну науку будущего как раз и предполагает достижение ими такого совершенства.

В итоге, к концу XIX в., по прошествии первого полувека после выдвижения Марксом его прогноза, сомневаться в его реальности было невозможно, хотя реализация оставалась пока что далекой перспективой. Можно было только констатировать, что процесс развития научного познания идет в направлении, предвиденном Марксом в середине 40-х годов XIX в.

ПО ПУТИ, ПРЕДСКАЗАННОМУ МАРКСОМ

В первой половине XX в. интегративные процессы, отмеченные в XIX в., усиливались все больше и больше, обуславливая нарастающее сближение отдельных наук как внутри их фундаментальных групп — естественных и общественных наук, так и между самими этими группами в целом. Необходимость сближения между естественными и общественными науками особенно сказывалась в том случае, когда один и тот же круг явлений становился предметом одновременного изучения (но с разных сторон) различных наук.

С каждым шагом современного научного прогресса становится очевидным, что предсказанная Марксом единая наука будущего ни в какой мере не может рассматриваться как некое сплошное, диффузное знание «обо всем», без всякой специализации, без углубления в различные отрасли.

Разумеется, дифференциация научного знания создает опасность ухода учебного только в свою маленькую, избранную область, превращая его в узкого специалиста, потерявшего понимание всего целого, в функционировании которого он участвует, а значит, теряющего «чувство локтя» с соседними специальностями, смежными с его собственной. В единой науке будущего такая опасность будет преодолена. Во-первых, все ученые, кроме знания своей узкой специальности, будут владеть в равной мере общим научным методом, научной диалектикой с ее принципом развития, принципом историзма. Во-вторых, все они будут участвовать в поисках и открытии новых законов природы и общества, двигаясь, таким образом, по путям последовательного детерминизма. В-третьих, они так или иначе, прямо или опосредованно будут связывать свои

³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 10.

исследования и достижения с общественной практикой, с жизнью, находя в ней целенаправленное приложение найденных научных результатов в интересах человека и человечества.

При множестве часто очень мелких специальных дорог и путей, которыми идут ученые в науке, все они объединяются, согласно Марксу, в общем фарватере научного движения, имя которого: **познание истины и овладение ею на практике.**

В статье «О едином хозяйственном плане» (1921) продолжатель идей и дела Маркса В. И. Ленин нарисовал яркую картину, как люди разных профессий и специальностей могут идти к одной общей цели, будучи охваченные одной общей задачей. Это — как бы образ того, как возникает единая наука будущего и как общностью научного метода и мировоззрения она сможет охватить ученых совершенно различных специальностей и сплотить их воедино.

Ленин писал: «Задача коммунистов внутри «Гозлро»... подходить к специалистам науки и техники... чрезвычайно осторожно и умело, учась у них и помогая им расширять свой кругозор, исходя из завоеваний и данных соответственной науки, памятуя, что инженер придет к признанию коммунизма не так, как пришел подпольщик-пропагандист, литератор, а через данные своей науки, что по-своему придет к признанию коммунизма агроном, по-своему лесовод и т. д.»⁴

Единая наука будущего должна будет охватить ученых самых разных, вплоть до самых мелких и узких специальностей, находя в данных каждой специальности точки взаимного соприкосновения и приводя их во взаимный контакт и к взаимопониманию на основе отмеченных выше трех пунктов, общих для всех наук — общественных, естественных и технических.

В «Философских тетрадях» Ленин особо глубоко разобрал вопрос о технике как связующем звене между природой и человеком. Ведь техника, как показал Ленин, есть не что иное, как использование познанных наукой законов в практических интересах человека. Другими словами, именно в технике, а потому и в технических науках, законы природы и законы общества приходят в непосредственное взаимное соприкосновение между собой. Тем самым в такое же соприкосновение и взаимопроникновение приходят меж-

ду собой сами общественные и естественные науки.

Ленин пишет: «Законы внешнего мира, природы... суть основы целесообразной деятельности человека.

Человек в своей практической деятельности имеет перед собой объективный мир, зависит от него, им определяет свою деятельность.

<...>

2 формы объективного процесса: природа (механическая и химическая) и целенаправляющая деятельность человека. Соотношение этих форм. <...>

ТЕХНИКА МЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ потому и служит целям человека, что ее характер (суть) состоит в определении ее внешними условиями (законами природы).»⁵

Отсюда и вытекает существо самой техники, как такого явления, которое, с одной стороны, соотносится с внешним, объективным миром (природой), на применении законов которого она основывается, а с другой стороны, соотносится с практическими целями человека, с его целенаправленной общественной деятельностью и ее законами. Эту двусторонность техники как связывающего звена между человеком и природой Ленин выразил формулой: «**ТЕХНИКА и ОБЪЕКТИВНЫЙ мир. ТЕХНИКА и ЦЕЛИ**»⁶

За второе полувековье, протекавшее с момента прогноза Маркса, наука далеко продвинулась вперед. В течение всей первой половины XX в. бурно разрывалась новейшая революция в естествознании, прежде всего в физике, создавая предпосылки для возникновения научно-технической революции в середине XX в., которая принципиально по-новому поставила вопрос о взаимоотношении между естественными, общественными и техническими науками.

В XIX в. наука, по определению Маркса, все быстрее стала превращаться в непосредственную производительную силу общества, удовлетворяя назревшие потребности и запросы промышленности. Все убыстряющийся темп такого превращения науки вызвал качественно новое явление, состоящее в том, что наука в XX в. в своем развитии стала опережать производство и технику. Но не в смысле отрыва от них, а в смысле постановки и

⁴ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 169—170.

⁵ Там же.

⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 346.

решения таких задач, которые еще не встали и не вызрели в их конкретном виде внутри практики, а «витают в воздухе» в форме возможной, как правило, более или менее отдаленной перспективы. Наука, заглядывая далеко вперед, проясняет новые возможности для развития производительных сил общества, указывает технике и производству пути и способы овладения ими.

В научно-технической революции органически сливаются воедино не только прогресс науки с прогрессом техники, но и сам научно-технический прогресс оказывается в теснейшем взаимодействии с социальными условиями, которыми он был порожден и в которых он протекает.

На XXVI съезде КПСС было отмечено, что «больше внимания требуют социальные последствия научно-технической революции»⁷.

Анализ этих последствий показывает, что не только побудительные стимулы, приведшие к возникновению научно-технической революции диаметрально противоположны в странах капитализма и странах социализма, но и пути протекания, а главное, вызываемые социально-экономические последствия глубоко противоположны. В условиях капиталистического способа производства научно-техническая революция вызывает дальнейшее обострение органически присущих ему антагонизмов и противоречий, например, безумный рост безработицы и народной нищеты. В условиях социализма, напротив, научно-техническая революция способствует росту благосостояния народа, построению материально-технической базы коммунизма. Поэтому изучение сущности научно-технической революции, ее последствий невозможно только в рамках одних естественных, или одних общественных, или одних технических наук. По самой сути дела это глубоко комплексная проблема, разработка которой возможна только на основе теснейшего контакта и единства всех трех названных выше групп наук. Именно такая задача и была поставлена еще на XXV съезде КПСС и вновь подтверждена в решениях XXVI съезда КПСС, в которых указывается на необходимость «усилить взаимодействие общественных, естественных и технических наук»⁸.

Таким образом, на этом примере мы видим, как прогресс современных наук неумолимо толкает сами науки к интеграции, взаимному связыванию, причем прежде всего тех именно наук, о которых говорил Маркс, делая свой прогноз. Человечество за короткий срок, примерно за треть века, продвинулось вперед гораздо дальше к осуществлению прогноза Маркса, чем за все предшествующие 100 лет. В современной науке и технике родились новые направления, убаыстряющие движение к единой науке. К ним относятся кибернетика, изучающая управляемые и самоуправляемые процессы, протекающие в живой природе, в жизни общества и технике. Раскрывая общие закономерности подобных процессов и создавая соответствующие устройства (ЭВМ и др.), кибернетика непосредственно охватывает собою все три названные группы наук, слияние которых в одну науку предусмотрено прогнозом Маркса. Мы это видим также на примере бионики, которая связывала собою область тончайшей современной техники с таким важным участком эволюционной биологии, как учение о развитии живых организмов от менее совершенных их форм к более совершенным.

В еще большей степени подобное движение к единой науке будущего сказывается в таких новых направлениях, как системный анализ, моделирование и информатика. Этому же способствует, со своей стороны, возникновение таких широких глобальных проблем, как изучение космоса, охрана природы, разработка науковедения и проблем научного, технического, художественного и социального творчества. Конкретное рассмотрение каждой такой комплексной проблемы требует усиления взаимосвязи общественных, естественных и технических наук. Все это способствует быстрейшему приближению того момента, когда будет полностью реализован прогноз Маркса. Хочется дожить до этого момента.

⁷ Материалы XXVI съезда КПСС. М., 1981, с. 78.

⁸ Там же, с. 144.

Становление марксизма и современные противники учения Карла Маркса

Т. И. Ойзерман



Теодор Ильич Ойзерман, академик, заведующий сектором истории философии Западной Европы и Америки Института философии АН СССР. Занимается проблемами истории домарксистской, марксистской и современной буржуазной философии, а также общей теории историко-философского процесса. Основные монографии: Главные философские направления. М., 1971; Формирование философии марксизма. Изд. 2-е. М., 1974; Диалектический материализм и история философии. М., 1974; Проблемы историко-философской науки. Изд. 2-е. М., 1981. Действительный член Международного института философии, иностранный член АН ГДР.

Научно-философское, диалектико-материалистическое мировоззрение, научный коммунизм, научная в полном смысле этого слова политическая экономия — таковы важнейшие итоги исторического процесса становления, формирования марксизма. В начале своей интеллектуальной биографии К. Маркс и его гениальный соратник Ф. Энгельс еще не являются ни материалистами, ни коммунистами. В предисловии к своей докторской диссертации (1841) Маркс утверждает, что «идеализм — не фантазия, а истина»¹. Лишь в 1842 г. в статьях Маркса, опубликованных в «Рейнской газете», намечается его переход от идеализма к материализму, от революционного демократизма к коммунизму. В 1844 г. в работах, опубликованных Марксом и Энгельсом в «Немецко-французском ежегоднике», этот переход осуществляется. В последующие три года Маркс и Энгельс обосновывают отправные положения своего учения. «Нищету философии» (1847) К. Маркса и «Манифест коммунистической партии» (1848) — совместный труд Маркса и Энгельса — В. И. Ленин называет первыми произведениями зрелого марксизма.

Громадное значение для понимания процесса становления марксизма имеют марксовы «Экономическо-философские рукописи 1844 года» — незаконченная работа, впервые опубликованная частично на русском языке в 1927 г. и полностью на языке оригинала в 1932 г. Институтом марксизма-ленинизма при ЦК КПСС. С этого времени начинается дискуссия о молодом Марксе, дискуссия, которая разветвляется не столько между марксистами, сколько между сторонниками марксизма и его противниками. Один из них, неизвестный А. Шмидт, с похвальной откровенностью говорит об идеологической подоплеке этой дискуссии: «Вопрос о том, являются ли более существенными произведения «молодого» или же «зрелого» Маркса, беспредметен. Вопрос решают не хронологические аргументы, а современные потребности»².

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. М., 1956, с. 21.

² Schmidt. Emansipatorische Sinnlichkeit. Ludwig Feuerbach. Anthropologischer Materialismus. München, 1973, S. 40. Еще более определенно высказывается на эту тему французский антикоммунист Р. Арон, по утверждению которого работы молодого Маркса истолковываются ревизионистами «таким способом, чтобы преодолеть объективный детерминизм всемирной истории...» (Aron R. Die heiligen Familien des Marxismus. Hamburg, 1970, S. 14). С точ-

Почему, однако, именно рукописи 1844 г. оказались в центре дискуссии? Очевидно потому, что в них излагаются материалистические и коммунистические воззрения Маркса, но формулируются эти воззрения еще непоследовательно, неадекватным образом. Так, Маркс заявляет, что его философская теория «отличается как от идеализма, так и от материализма, являясь вместе с тем объединяющей их обеих истиной»³. Однако в этой же рукописи Маркс отмечает «подвиг Фейербаха», заключающийся «в основании истинного материализма»⁴. Серьезный исследователь не может не заметить этого противоречия. Свою философскую теорию Маркс называет **завершенным натурализмом**, противопоставляя ее, с одной стороны, идеализму, а с другой — механистическому материализму и солидаризируясь с материалистической антропологией Фейербаха, несмотря на то что его, Маркса, теория по существу преодолевает антропологическую ограниченность февербаховской философии. Но буржуазные критики марксизма, не утруждая себя исследованием, рассматривают приведенную выше цитату буквально как счастливую находку. Маркс, делается вывод, отвергает и материализм, и идеализм. Этот несостоятельный тезис распространяется и на произведения Маркса последующего периода, на все его учение в целом. Английский антикоммунист Дж. Лихтгейм, доводя до абсурда эту тенденцию, приходит к такому сногшибательному заключению: «Не существует никакой логической связи между концепцией К. Маркса и «диалектическим материализмом» Ф. Энгельса и Плеханова, так же как нет никакой необходимой связи между прагматической точкой зрения Маркса, рассматривающего сознательную духовную деятельность в качестве аспекта практики, и теоретико-познавательным реализмом В. И. Ленина»⁵. Таким образом, Маркс противопоставляется философии марксизма, диалектическому материализму.

В другом месте «Экономическо-философских рукописей 1844 года» Маркс, высоко оценивая тогдашний, т. е. утопиче-

ский, коммунизм, критикует его за примитивное понимание путей и средств социального переустройства. Свою позицию он называет не коммунизмом, а «реальным гуманизмом». Иными словами, он не считает себя последователем Бабефа, Кабэ, Дезами и других утопических коммунистов. Он и действительно не является таковым, ибо в рукописях 1844 г. формулируются исходные положения **научного коммунизма**. Но буржуазные критики марксизма, ссылаясь на «реальный гуманизм» Маркса, утверждают, что он был противником коммунизма.

Еще один пример. Обосновывая закономерность уничтожения частной собственности, Маркс определяет этот исторический процесс как «реинтеграцию или возвращение человека к самому себе, как уничтожение человеческого самоотчуждения»⁶. Способ изложения еще не свободен от терминологии гегелевского идеализма и февербаховской антропологии. Частная собственность характеризуется как деформация человеческой сущности, общественная собственность — как восстановление человечности, или истинная форма собственности. Впоследствии Маркс отказался от этой фразеологии. Между тем современным противникам марксизма фразеология рукописей 1844 г. представляется наиболее замечательной их особенностью, поскольку на ней лежит отпечаток воззрений, от которых Маркс вскоре отказался.

Теперь понятно, почему «Экономическо-философские рукописи 1844 года», а не какое-либо произведение зрелого марксизма привлекает буржуазных мыслителей. Учение Маркса стало великим духовным достоянием современной эпохи, и каждый мыслящий человек, независимо даже от того, к какому классу он принадлежит, испытывает потребность как-то осмыслить, освоить эту систему идей, примирить ее со своей теоретической совестью. Эта потребность, разумеется, не совпадает со стремлением по-марксистски решать теоретические и практические вопросы. Напротив, в условиях буржуазного общества она сплошь и рядом порождается стремлением опровергнуть марксизм. Однако и это стремление, какой бы предвзятый характер ни носили его побудительные мотивы, предполагает, по меньшей мере в качестве тактической уловки, признание всемирно-исторического значения учения Маркса.

ки зрения Арона, не существует никакой объективной детерминации событий истории. Признание исторической закономерности трактуется как фаталистическое верование.

³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 162.

⁴ Там же, с. 154.

⁵ Lichtheim G. On the Interpretation of Marx's Thought. — In: Marx and the Western World. L., 1967, p. 10.

⁶ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 116.

Одну из основных тенденций немарксистского освоения марксизма сформулировал свыше 30 лет тому назад известный французский идеалист Э. Мунье: «Задача ближайших лет, несомненно, состоит в том, чтобы примирить Маркса и Киркегора»⁷. Примирить Маркса с мистиком, религиозным иррационалистом Киркегором — задача заведомо утопическая, но сама постановка такой задачи впечатляюще раскрывает партийную позицию, идеологическую стратегию буржуазных интерпретаторов учения Маркса. Противопоставить Маркса марксизму — такова их задача, которой подчинено рассмотрение ранних работ основоположника марксизма.⁸

Разумеется, мы далеки от недооценки этих первых обнаружений титанической гениальности Маркса. Но мы не можем проходить мимо того факта, что эти ранние работы противопоставляются Марксову «Капиталу» — энциклопедии не только экономического, но и философского учения марксизма. Нельзя не учитывать и идеологического смысла заявлений, будто бы в этих ранних работах Маркса аутентично выражено его учение, которое только зарождалось в начале сороковых годов. Однако буржуазные марксологи «обнаруживают» в этих работах... основные идеи современных идеалистических теорий. Они объявляют Маркса родоначальником экзистенциализма, персонализма и других враждебных марксизму учений.⁹ И если через десять лет после Мунье западногерманский теолог Е. Тир патетически восклицал «молодой Маркс есть открытие нашего времени»¹⁰, то, естественно, возникает вопрос, что за открытие имелось в виду? Открытие марксизма? Но основные труды его основоположников опубликованы свыше столетия тому назад. Суть де-

ла в том, что учению Маркса приписываются враждебные ему идеи. Тир и ему подобные рассуждают по следующей схеме: все, что написал Маркс (в том числе и его ранние, написанные с идеалистических позиций работы), должно быть включено в состав его учения. Факт формирования, становления марксизма попросту игнорируется. Научное разграничение между ранними произведениями Маркса и произведениями зрелого марксизма, обобщенное В. И. Лениным, отвергается как формальное и чуть ли не бюрократическое.

Таким образом, ранние работы Маркса, которые могут быть правильно поняты и оценены лишь в свете произведений зрелого марксизма, противопоставляются этим произведениям и объявляются основой для принципиально новой интерпретации марксова учения.

Уже первые буржуазные интерпретаторы «Экономическо-философских рукописей 1844 года», авторы предисловия к их лейпцигскому изданию С. Ландсгут и И. Майер считают их важнейшим достоинством этическую интерпретацию социализма не как «грубой» экспроприации экспроприаторов, а как «осуществления истинного предназначения человека»¹¹. Марксу подсовывается явно неревolutionционное воззрение в духе абстрактного буржуазного гуманизма. Между тем в рукописях 1844 г. Маркс, вскрывая антагонистические противоречия капиталистического строя, недвусмысленно заявляет, предвосхищая коммунистическое будущее: «Поэтому уничтожение частной собственности означает полную эмансипацию человеческих чувств и свойств...»¹²

Другой комментатор рукописей 1844 г. Г. де Ман, выступивший уже в 1932 г., утверждал, что Маркс не материалист, так как он будто бы подчиняет материальное «более всеобъемлющей действительности жизни в ее пассивно-активной, бессознательно-сознательной целостности»¹³. Экономические отношения имеют определяющее значение лишь при капитализме, писал де Ман, приписывая это воззрение Марксу и утверждая, что в послекапиталистическую эпоху не материальное производство, а чувственные потребности,

⁷ Mounier E. Introduction aux existentialismes. P., 1947, p. 90.

⁸ Неудивительно поэтому, что западногерманский антимарксист И. Барнион с напускным простодушием заявляет, что марксисты-де «до настоящего времени не понимают большого значения ранних работ Маркса» (Barion I. Hegel und die marxistische Staatslehre. Bonn, 1969, S. 144).

⁹ Уже цитировавшийся выше Р. Арон восхваляет тех псевдомарксистов, которые, как он выражается, «комментировали экзистенциалистские и гуманистические тексты молодого Маркса, выступая тем самым против диалектики» (Aron R. Op. cit., p. 14).

¹⁰ Thier. Die Weltbild des jungen Marx. Göttingen, 1957, S. 3.

¹¹ См.: Marx K. Der historische Materialismus. Die Frühschriften. Hrsg. von S. Landshut und I. P. Mayer. B. 1. Leipzig, 1931, S. XLI.

¹² Маркс К., Энгельс Ф., Соч., т. 42, с. 120.

¹³ См: Der Kampf, 1932, № 6, S. 276.

и прежде всего «любовь человека к человеку», будут определять развитие общества. И это сентиментальное суесловие приписывается революционеру Марксу!

Следует подчеркнуть, что последующее развитие дискуссии о молодом Марксе явно дискредитировало это упрощенное, сугубо тенденциозное противопоставление ранних работ Маркса произведениям зрелого марксизма. Даже буржуазные комментаторы, во всяком случае наиболее дальновидные из них, вынуждены были признать, что интерес к ранним работам Маркса обусловлен постоянно возрастающим влиянием марксизма. Не будь «Капитала» Маркса, не будь произведений Ленина, не будь коммунистического и рабочего движения, ранние работы Маркса не были бы предметом столь длительной дискуссии. Примечательно в этом смысле заявление Г. Маркузе, который в 1932 г. объявлял рукописи 1844 г. основой для пересмотра марксизма, а 30 лет спустя должен был признать именно то, что он ранее отрицал: «Ранние работы Маркса представляют собой во всех отношениях предварительные ступени к его зрелой теории, ступени, значение которых не должно быть переоцениваемо»¹⁴.

Не следует, однако, проявлять наивности в оценке этого поворота в стане противников марксизма. Они лишь по видимости отказались от противопоставления ранних работ Маркса произведениям зрелого марксизма. Новая концепция, согласно которой между теми и другими работами наличествует органическое единство, оказывается утонченной реабилитацией прежнего, признанного несостоятельным воззрения. Концепция «единства» означает стирание качественных различий между марксовым «Капиталом» и рукописями 1844 г. На переднем плане по-прежнему остаются ранние работы, в которых Маркс еще не вполне размежевался с Гегелем, Фейербахом, мелкобуржуазным социализмом. Не удивительно поэтому, что американский антикоммунист Р. Такер утверждает, что «первая система Маркса» (рукописи 1844 г.) предопределила содержание «Капитала» — оно должно быть переосмыслено по-новому. Маркс, вещает Такер, представляется уже «не социологом-аналитиком, каким он хотел быть, но прежде всего мо-

ралистом или чем-то вроде религиозного мыслителя. Старое воззрение, согласно которому «научный социализм» является научной системой, уступает место убеждению, что он в сущности есть этическая и религиозная система взглядов»¹⁵.

Разумеется, ни «Капитал», ни ранние работы Маркса не дают ни малейших оснований для этих беспардонных заключений. Их единственным основанием является иррациональное убеждение буржуазного идеолога в том, что отрицание капитализма, так сказать по определению, не может быть научным. С этих буржуазных позиций учение о социалистическом переустройстве общества есть секуляризация библейской легенды о рае на земле.

Критики марксизма утверждают, что учение Маркса связано не с рабочим движением, а с умозрительными идеями Гегеля и Фейербаха, что главные положения этого учения представляют собой развитие темы, которую разрабатывали указанные мыслители. Эта тема — **отчуждение**. Как известно, у Гегеля понятие отчуждения служило обоснованию идеалистического понимания единства мира как единства «абсолютной идеи» и ее внешнего, материального существования, которое трактовалось как отчужденное бытие. Мы не касаемся здесь рациональных, диалектических сторон гегелевского понимания отчуждения, поскольку это выходит за границы нашей темы.

Фейербах попытался придать понятию отчуждения эмпирически фиксируемое содержание. Религиозное удвоение мира, разорванность религиозного сознания, в котором реальная посюсторонняя действительности противостоит мнимая реальность трансцендентного, — вот чем является, по Фейербаху, отчуждение. Однако отчуждение рассматривается Фейербахом лишь как извращенное сознание, корни которого ему не удается обнаружить.

Марксова концепция отчуждения, занимающая центральное место в «Экономическо-философских рукописях 1844 года», существенно отличается не только от гегелевской, но и от фейербаховской. Для Маркса отчуждение есть прежде всего экономический феномен. Идеалистическим фразам об отчуждении сознания Маркс противопоставляет реальные, исследуемые им факты: отчуждение продукта труда

¹⁴ Marcuse H. Vernunft und Revolution. B. (West), 1962, S. 260.

¹⁵ Th u c k e r R. Karl Marx — Die Entwicklung seines Denkens von der Philosophie zum Mythos. München, 1963, S. 2.

производителя, отчуждение самой производительной деятельности, отчужденные общественные отношения. И лишь в этой связи, гениально раскрывая сущность труда как деятельную сущность человека, Маркс говорит об отчуждении человеческой сущности. Таким образом, исследовательская задача, которую Маркс ставит перед собой в рукописях 1844 г., не имеет ничего общего с идеалистическим умозрением. Маркс формулирует понятие **отчужденного труда**, понятие, которое даже в зародыше не было у Гегеля и Фейербаха. «Итак,— пишет Маркс,— нам предстоит теперь осмыслить существенную взаимосвязь между частной собственностью, корыстолюбием, отделением друг от друга труда, капитала и земельной собственности, между обменом и конкуренцией, между стоимостью человека и его обесценением, между монополией и конкуренцией и т. д., между всем этим отчуждением и денежной системой».¹⁶

Анализ основного содержания «Экономическо-философских рукописей 1844 года» показывает, что Маркс придал идее отчуждения новый смысл и содержание, связал ее с изучением и критикой буржуазной политической экономии. Уже в этих рукописях Маркс указывает, что буржуазные экономисты исходят из факта частной собственности на средства производства как из само собой разумеющейся посылки. В отличие от буржуазных идеологов Маркс видит задачу в исследовании происхождения частной собственности, ставя тем самым на реальную почву исследование феномена отчуждения. Он не принимает экономического догмата, согласно которому труд всегда создавал (и будет создавать) товары, капитал, частную собственность. Необходимо исследовать ту историческую форму труда, опредмечивание которого порождает эти

отноудь не вечные экономические явления. Эту искомую форму труда Маркс называет отчужденным трудом. «Спрашивается теперь,— пишет Маркс,— как дошел человек до отчуждения своего труда? Как обосновано это отчуждение в сущности человеческого развития?»¹⁷. Мы не находим еще решения этого вопроса в рукописях 1844 г., что объясняется, по-видимому, не только незаконченностью этой работы. Необходим был обстоятельный экономический и социологический анализ возникновения и развития частной собственности. Такое исследование было осуществлено в 50-х годах на основе материалистического понимания истории и теории прибавочной стоимости, созданной Марксом.

Марксизм не только вскрыл закономерность возникновения частной собственности со всеми ее многообразными политическими и идеологическими последствиями. Марксизм также доказал, что развитие производительных сил, обусловленное капиталистическими производственными отношениями, вызывает прогрессирующую концентрацию и централизацию капитала, т. е. капиталистическое обобществление средств производства, которое в конечном счете делает неизбежным переход к общественной собственности. В «Экономическо-философских рукописях 1844 года» имеются лишь первые подходы к такому, последовательно научному решению проблемы частной собственности. Мы имеем в виду положения Маркса о развитии **сущностных сил** человека, производительных сил,— положения, которые предвосхищают понятие общественных отношений производства¹⁸.

Понятие отчужденного труда, как оно разрабатывается в «Экономическо-философских рукописях 1844 года», еще не свободно от философско-антропологического содержания, которое нередко вступает в противоречие с историческим подходом к социальным процессам. Отчужденный труд, например, истолковывается как **извращенное** отношение человека к пред-

¹⁶ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 87. Правильно отмечает канадский исследователь Д. О'Нил: «Для Маркса понятие отчуждения является фактом политической экономии, а не фактом феноменологии» (O'Neil. Hegel and Marx on History as Human History.— In: Akten des XIV Internationalen Kongresses für Philosophie. Wien, 1968, Bd. II, S. 102). Действительно, Маркс противопоставляет идеалистическому пониманию отчуждения, разработанному Гегелем в «Феноменологии духа», материалистическое понятие отчуждения как определенного, антагонистического типа общественных отношений. Именно в этой связи Маркс критикует в «Экономическо-философских рукописях 1844 года» гегелевскую концепцию отчуждения сознания.

¹⁷ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 98.

¹⁸ Д. И. Розенберг справедливо отмечал: «В отрывке «Отчужденный труд» уже вполне отчетливо выражена идея, что люди производят не только продукты, но и отношения, которые Маркс немного позже назовет производственными отношениями» (Розенберг Д. И. Очерки развития экономического учения Маркса и Энгельса в сороковые годы XIX века. М., 1954, с. 124).

метам его деятельности, самому себе, другим людям. Развитие производительных сил буржуазного общества, правильно понимаемое как формирование экономических предпосылок социалистического обобществления средств производства, определяется вместе с тем в неадекватных этому процессу терминах философской антропологии. Так, характеризуя антагонизм труда и капитала, Маркс пишет, что «в лице рабочего субъективно существует то, что капитал есть полностью потерявший себя человек, подобно тому как в лице капитала объективно существует то, что труд есть человек, потерявший самого себя»¹⁹. С этой точки зрения, отчуждение труда оказывается раздвоением человеческой сущности, противоречием между человечностью и способом ее осуществления. Поэтому и частную собственность — основную форму отчуждения труда — Маркс называет «бесчеловечным предметом»²⁰.

Такая постановка вопроса означает допущение существования **естественных** общественных отношений, независимых от исторически определенной, изменяющейся социально-экономической реальности. Отчуждение характеризуется как извращенная форма производительной деятельности, поскольку она чужда **природе** человека, которая, следовательно, рассматривается как предпосылка истории человечества. Впоследствии Маркс доказал, что не существует неизменной природы человека, так как, изменяя внешнюю природу, люди изменяют тем самым и свою собственную, разумеется, социальную природу, или человеческую сущность, которую образует вся совокупность общественных отношений.

Историко-материалистическое понимание развития человечества, разработанное в произведениях зрелого марксизма, исключает допущение неестественных (и в этом смысле несовместимых с человеческой сущностью) общественных отношений, поскольку развитие общества, история человечества трактуется как **естественно исторический** процесс. Не только отчужденный труд в условиях капиталистического общества, но и рабство, и крепостничество представляют собой естественноисторические, закономерные этапы общественного развития. Марксизм является противником капиталистических обще-

ственных отношений не потому, что они неестественны или чужды человеческой природе, а в силу того, что они превратились из исторически прогрессивной формы общественного развития в его оковы.

Представление о «неестественности» тех или иных исторически определенных общественных отношений не следует, однако, считать бессодержательным. Как феномен общественного сознания, эти представления свидетельствуют о том, что данные общественные отношения выявили свою антагонистическую природу, что имеются уже общественные силы, которые ведут против них борьбу и стремятся их заменить новыми, более прогрессивными.

Сопоставляя основные положения исторического материализма и понятие отчуждения в «Экономическо-философских рукописях 1844 года», нельзя не прийти к выводу, что в период формирования марксизма это понятие помогало Марксу нащупать научный подход к таким фундаментальным характеристикам буржуазного общества, как частная собственность, господство капитала над трудом, эксплуатация, анархия производства, углубление противоположности между имущими и неимущими. Вначале все эти факты осознаются лишь как превращенные, лишенные самостоятельного значения формы отчуждения. Однако и на этой ранней ступени, когда Маркс, пользуясь выражением Ленина, только становится Марксом, т. е. основоположником научного коммунизма, вырисовывается и более глубокое понимание специфического содержания и значения основных экономических категорий капиталистического способа производства. Так, констатируя, что капитал есть командная власть над трудом и его продуктами, Маркс разъясняет: «Капиталист обладает этой властью не благодаря своим личным или человеческим свойствам, а лишь как собственник капитала»²¹. В другом месте, указывая на отчуждение продукта труда от производителя, Маркс вскрывает классовую сущность этого феномена: «Если продукт труда не принадлежит рабочему, если он противостоит ему как чуждая сила, то это возможно лишь в результате того, что продукт принадлежит другому человеку, не рабочему. Если деятельность рабочего для него самого является мукой, то кому-то другому она должна доставлять наслаждение и жизнерадостность. Не боги и не природа, а только сам человек может

¹⁹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 100.

²⁰ Там же, с. 119.

²¹ Там же, с. 59.

быть этой чуждой силой, властвующей над человеком»²².

Нетрудно понять, что, после того как Маркс и Энгельс создали свое учение об общественно-экономических формациях, антагонистических производственных отношениях, социальных революциях, разработали политическую экономию капитализма, понятие отчуждения уже не могло играть прежней роли в системе их взглядов. Они, естественно, уже не рассматривали борьбу между пролетариатом и буржуазией как следствие отчуждения; они занялись конкретным исследованием реальных условий, исторически определенных форм и причин этой борьбы. Значит ли это, что понятие отчуждения утратило всякое значение в системе воззрений Маркса и Энгельса? Такой вывод был бы неправильным, так как именно благодаря конкретизации, ограничению содержания понятие отчуждения получило ту четко фиксированную определенность, которой не хватало ему прежде²³.

В «Капитале» Маркса отчуждение определяется как господство продуктов человеческой деятельности над людьми, власть стихийных сил социального развития над обществом. Отчуждение рассматривается как противоречие, присущее

всем антагонистическим формациям и достигающее предельного развития в условиях капитализма. Разумеется, отчуждение связывается с существованием исторически определенных форм общественного разделения труда, частной собственности, классов, эксплуатации. При этом оно, конечно, трактуется не как причина всех этих экономических фактов, а лишь как одно из их проявлений, которое специально рассматривается Марксом в теории товарного фетишизма.

Итак, буржуазная интерпретация места категории «отчуждение» в системе марксизма представляет собой попытку выхолостить саму суть этого учения. Редукция марксизма к теории отчуждения означает не только извращенное истолкование его содержания, но и фактическое отрицание марксистской политической экономии, научного коммунизма, материалистического понимания истории. Посредством такого рода операции марксизм, теоретически подытоживающий громадный исторический опыт, превращается в чисто умозрительную философско-историческую концепцию, аналогичную гегелевской или фейербаховской теории отчуждения. Именно этой цели и служит рассмотренная выше буржуазная интерпретация учения Маркса в духе его ранних произведений, в первую очередь «Экономическо-философских рукописей 1844 года».

Следует подчеркнуть, что несостоятельность всех этих попыток в известной мере осознается и некоторыми буржуазными идеологами. Так, Д. Белл недвусмысленно раскрывает идеологический подтекст, по-видимому, уже набившей оскомину интерпретации марксизма в духе концепции отчуждения. «Несмотря на то что можно симпатизировать идее отчуждения, те, которые объявляют это понятие центральным уже у Маркса, лишь создают новый миф»²⁴.

Таким образом, «тайна» ранних произведений Маркса, фальсифицируемых буржуазными идеологами, раскрывается в свете произведений зрелого марксизма. Дискуссия о молодом Марксе, начавшаяся полвека назад, полна глубокого идеологического смысла, анализ которого призван служить творческому пониманию марксизма-ленинизма, его истории и значения для современности.

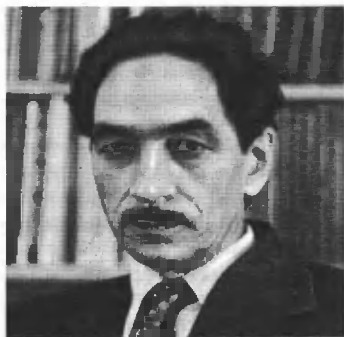
²² Там же, с. 95—96.

²³ Американский антикоммунист М. Янович, подвергая критике марксистско-ленинскую концепцию отчуждения в работах советских философов, рассматривает в этой связи мои работы по данному вопросу, упрекая в том, что я не вижу необходимости осмыслить ранние работы Маркса как «новое открытие», которое требует реинтерпретации всего содержания марксизма в духе «этического социализма», проповедуемого социал-демократическими идеологами (Janowitch M. Alienation and the young Marx in Soviet Thought.— Slavic review, 1967, v. XXVI, № 1, p. 39—40). Действительно, в отличие от М. Яновича и других противников марксизма, я вовсе не считаю ранние работы Маркса основанием для «реинтерпретации», попросту говоря, ревизии марксизма. Я полагаю, что содержащиеся в ранних работах Маркса элементы морализирующей критики капитализма составляют не достоинство, а недостаток этих работ, который Маркс вскоре подверг основательнейшей критике. Мне приятно отметить, что эта точка зрения, систематически изложенная в моей монографии «Формирование философии марксизма» (1962, изд. 2-е 1974), получила свое развитие в работе известного немецкого марксиста академика М. Бура (Buhar M. Entfremdung — philosophische Anthropologie — Marx — Kritik.— Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 1966, № 7. См. также работу западногерманского марксиста: Штайгер Р. Третий путь Герберта Маркузе. М., 1971).

²⁴ Bell D. The Debate on Alienation.— In: Revisionism. Essays on the History of Marxist Ideas. N. Y., 1972, p. 197.

Фазовые превращения в мантии и расширение Земли

В. Л. Барсуков, В. С. Урусов



Валерий Леонидович Барсуков, член-корреспондент АН СССР, директор Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР, президент Международной ассоциации геохимии и космохимии. Специалист в области космохимии и геохимии рудных месторождений. Неоднократно выступал в «Природе» (1981, № 2; 1981, № 6; 1982, № 12).



Вадим Сергеевич Урусов, доктор химических наук, заведующий лабораторией кристаллохимии того же института. Занимается вопросами кристаллохимии и физики минералов. В «Природе» опубликовал статью: Мельчайшие частицы железа в лунном реголите (1978, № 5).

Мантия — это крупнейшая из глубинных оболочек Земли, которая составляет 83% ее объема и 68% ее массы. Мантия служит основным резервуаром земного тепла, в ней зарождаются землетрясения, вулканизм и другие глобальные процессы, формирующие облик нашей планеты. Поэтому понятно, насколько важно выявить особенности строения, состава и свойств мантийных оболочек.

Наши знания о внутреннем строении мантии, как, впрочем, и всей Земли в целом, основаны главным образом на геофизических методах исследования. Так, благодаря сопоставлению скоростей сейсмических волн в разных оболочках, точно установлены границы верхней и нижней мантии, уточнены границы переходного

слоя, занимающего промежуточное положение (см. табл.). Поскольку между скоростью сейсмических волн и плотностью вещества имеется вполне определенная зависимость, нам известна плотность каждой мантийной оболочки, известно, как она меняется при переходе от одной глубинной оболочки к другой.

Таковы в общих чертах сведения о строении мантии. Что же касается состава и свойств мантийных оболочек, то на пути к их выяснению сделан лишь первый шаг.

Правда, о составе верхней мантии, по крайней мере до глубины нескольких десятков километров, сейчас известно довольно много. Информацию оттуда несут включения глубинного вещества (ксенолиты и нодули), захватываемые базаль-

Таблица

Размеры и масса внутренних оболочек Земли

Оболочка	Глубина границ, км	Относительный объем, %	Относительная общая масса, %
Кора	0 — граница Мохор	0,8	0,4
Верхняя мантия	Граница Мохор — 400	16,0	10,0
Переходный слой	400—650	10,0	8,0
Нижняя мантия	650—2900	57,0	50,0
Внешнее ядро	2900—5080	15,4	32,0
Внутреннее ядро	5080—6371	0,8	

* Граница Мохоровичича (Мохор) — граница раздела между земной корой и верхней мантией. Под океанами она проходит на глубине 10—12 км, а под континентами — на глубине 55—65 км.

товой или кимберлитовой магмой¹. Но более глубокие части верхней мантии, весь переходный слой и нижняя мантия остаются за пределами визуальных наблюдений. И здесь нам на помощь приходят каменные метеориты, лунный грунт, т. е. космические объекты, вещество которых по химическому и минеральному составу подобно материалу, слагающему Землю. На этом сходстве и основаны современные представления о том, что мантийные недра Земли сложены достаточно однородным по составу веществом, в котором преобладают тугоплавкие окислы.

Согласно наиболее распространенной ныне пиrolитовой модели, предложенной А. Е. Рингвудом², основу вещества мантии составляют два окисных компонента — SiO_2 (45%) и MgO (38%). Добавив еще три тугоплавких окисла — Al_2O_3 (4%), FeO (8%) и CaO (3%), получим практически полную характеристику состава мантии.

Следовательно, с точки зрения физической химии, для понимания строения земных недр наиболее важна система $\text{MgO} - \text{SiO}_2$, ее поведение при высоких температурах и давлениях. Именно поэтому усилия экспериментаторов и теоретиков в последние годы сосредоточены на изучении соединений и твердых растворов в этой системе. С позиций же геофизики, наиболее интересно, как подобное вещество ведет себя в условиях огромных давлений земных глубин.

При анализе этого вопроса было выяснено, что самосжатием (сжатием под

действием собственного веса) можно объяснить характер изменения плотности лишь для вещества нижней мантии. В верхней же мантии и особенно в переходном слое плотность вещества увеличивается гораздо быстрее, чем можно ожидать, исходя из предположения о самосжатии. Это означает, что вещество здесь подвергается каким-то преобразованиям.

Что это за превращения, как они зависят от изменения термодинамических условий (температуры — T и давления — P) в ходе истории Земли, каким образом они проявляются на поверхности нашей планеты — все эти вопросы и станут предметом дальнейшего обсуждения.

ИСХОДНЫЕ ГИПОТЕЗЫ И СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА В МАНТИИ

Как мы уже говорили, о составе верхней мантии известно довольно много. И надежды на прогресс в этом направлении связаны прежде всего с проектами сверхглубокого бурения и исследованиями морского дна, где мантия подходит к поверхности гораздо ближе, чем под континентами. О реакциях, преобразующих вещество верхней мантии, также имеется достаточно много сведений. Ими мы обязаны, в первую очередь, австралийским геохимикам-экспериментаторам А. Е. Рингвуду и Д. Грину. Они изучили, как модельный пиrolит³, близкий по составу к ультраосновной породе — перидотиту, преобразуется под действием давления, и нашли, что давление сдвигает равновесие химиче-

¹ Эти включения представляемы преимущественно перидотитом — породой, состоящей из оливина (60—70%), энстатита (около 30%), диопсида (менее 10%) и небольшого количества хромовой шпинели.

² Рингвуд А. Е. Состав и петрология мантии Земли. Пер. с англ. М., 1981.

³ Название «пиrolит» происходит от начальных слогов наименований двух основных минералов верхней мантии — пироксена и оливина.

ских реакций в сторону образования все более и более плотных минералов. Ими же доказано, что смена минеральных ассоциаций (плагноклазовый пиролит → пироксен-шпинелевый пиролит → гранатовый пиролит) способна обеспечить увеличение плотности от 3,30 до 3,40 г/см³, установленное сейсмическими наблюдениями⁴.

Первый крупный скачок скорости прохождения сейсмических волн, свидетельствующий о повышении плотности от 3,40 до 3,62 г/см³ (т. е. на 6,5%), соответствует глубине 420 км. Объяснить это уплотнение вещества в переходной зоне мантии оказалось возможным только с привлечением гипотезы о полиморфном превращении оливина ($\text{Mg, Fe}_2\text{SiO}_4$) в структуру типа шпинели примерно на глубине 400 км. Она была выдвинута еще в 1936 г. известным английским кристаллографом и философом Дж. Берналом.

Исходным пунктом идеи Бернала стал диморфизм ортогерманата магния Mg_2GeO_4 , открытый выдающимся норвежским кристаллохимиком и геохимиком В. М. Гольдшмидтом в 1931 г. Ниже 810°C данное соединение стабильно существует в структуре типа шпинели, а выше этой температуры — в структуре типа оливина. Превращение сопровождается значительным изменением объема, так как структура шпинели почти на 9% плотнее.

В конце 50-х — начале 60-х годов идея Бернала подвергалась проверке различными косвенными методами — в ту пору еще не существовало экспериментальных средств для достижения давлений, при которых осуществляются превращения оливина. Эти косвенные методы включали термодинамические расчеты, кристаллохимические аналогии и экспериментальное изучение германатных аналогов силикатов, которые требуют для подобных превращений значительно меньших давлений. Так были получены первые надежные сведения об условиях образования и свойствах шпинельных модификаций форстерита Mg_2SiO_4 , фаялита Fe_2SiO_4 и ряда других ортосиликатов.

Начало прямым экспериментальным исследованиям полиморфных превращений минералов мантии было положено советскими кристаллографами С. М. Стишовым и С. В. Поповой, открывшими в 1961 г.

переход кремнезема SiO_2 в структуру типа рутила при давлении около 100 кбар. Связанное с этим переходом увеличение плотности на 40% объясняется увеличением координационного числа Si (т. е. числа ближайших к нему атомов) от 4 до 6. А в 1966 г. сразу три лаборатории в Австралии, США и Японии осуществили прямой синтез при 170 кбар и 1000°C шпинельной модификации $\gamma\text{-Mg}_2\text{SiO}_4$, которая оказалась на 9,5% плотнее обычного форстерита. Попутно была обнаружена стабильная при несколько меньших давлениях (140 кбар) фаза $\beta\text{-Mg}_2\text{SiO}_4$, на 8% более плотная, чем обычный форстерит. Структура этой фазы представляет собой ромбическое искажение шпинельного структурного типа — это так называемая модифицированная шпинель.

Сейчас общепринятой стала точка зрения Рингвуда, согласно которой граница между верхней мантией и переходной зоной обязана превращению оливина в структуру искаженной шпинели. Осуществляется это превращение в веществе, близком к перидотиту.

Основные минеральные компоненты (омфацитовый пироксен и пироповый гранат) другой составляющей мантии — эклогита преобразуются в гомогенную фазу с гранатовой структурой. Происходит это, согласно данным Л. Лиу, при давлении около 170 кбар, и гранатовая структура остается стабильной вплоть до давлений, соответствующих нижней мантии. Однако превращение части (40 или даже 50%) богатого алюминием пироксена в гранат начинается уже при 15—40 кбар (1000°C). Именно этот переход, связанный с увеличением плотности на 3—4%, может быть ответственным за 4—5%-ное увеличение скорости продольных волн, отмечаемое в верхней мантии на глубине 200 км.

Вообще говоря, и раздел на уровне 400 км имеет, видимо, сложную структуру. Допустимо даже, что в интервале 300—450 км может быть не один, а несколько разделов. Кроме того, небольшой раздел существует и в пределах переходного слоя мантии на глубине 550—570 км. Наиболее естественное объяснение этого раздела в переходном слое дают два фазовых превращения: переход β -фазы (модифицированной шпинели) в γ -фазу (шпинель) для оливиновой молекулы и полный переход пироксеновой молекулы в гранатовую структуру. В отсутствие алюминия такой характерный минерал мантии, как энстатит MgSiO_3 , также претерпел бы к глубине 570 км (давление 200 кбар) серию

⁴ Все значения плотности отнесены к атмосферному давлению и комнатной температуре, что необходимо для их сопоставления с теми же величинами, определяемыми в лабораторных условиях.

превращений. При давлении 170 кбар он распался бы на смесь шпинели $\gamma\text{-Mg}_2\text{SiO}_4$ и стишовита SiO_2 , а при давлении более 190 кбар эта смесь перешла бы в структуру типа ильменита. Однако при наличии даже малых количеств Al_2O_3 (около 5 вес. %), вполне реальных в составе мантии, ассоциация шпинели со стишовитом вытесняется гранатовой фазой, которая затем, при давлениях выше 200 кбар, сама превращается в структуру типа ильменита. При этом за счет перехода всего кремния в октаэдрические позиции плотность увеличивается еще на 8%.

Последний крупный скачок скорости сейсмических волн и плотности вещества (причем, гораздо более резкий, чем на глубине около 400 км) наблюдается на границе переходной зоны и нижней мантии, т. е. на глубине 650 км. Здесь плотность увеличивается сразу на 9—10% (от 3,80 до 4,20 г/см³).

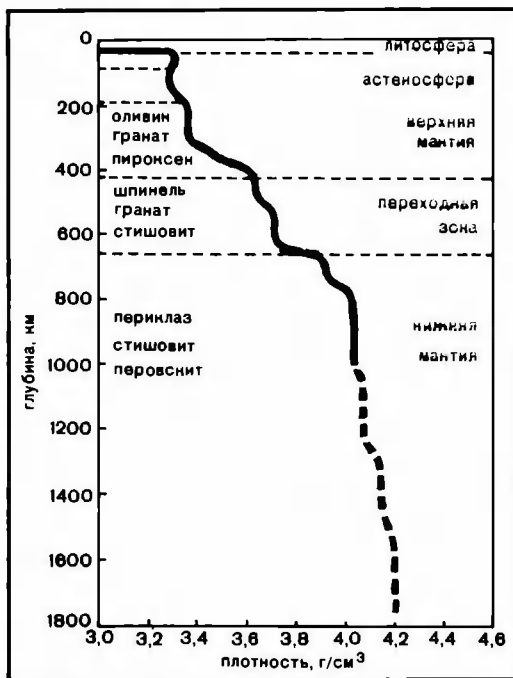
Начиная с глубины 800 км и вплоть до границы с ядром на глубине 2900 км мантия почти однородна по строению. Сейчас имеются геофизические свидетельства только незначительных разделов и горизонтальных неоднородностей на этих глубинах. Поэтому понимание природы резкого изменения плотности на верхней границе (глубина 650 км) обеспечило бы, в принципе, знание свойств всей нижней мантии, составляющей почти половину объема Земли.

Одним из наиболее ранних предположений на этот счет была гипотеза американского геофизика Ф. Бёрча (1939), согласно которой в условиях, существующих на глубинах 400—900 км, основные минералы верхней мантии — оливины, пироксены и гранаты — становятся неустойчивыми и распадаются на смесь плотно упакованных простых окислов, таких как периклаз MgO , стишовит SiO_2 , корунд Al_2O_3 и другие.

За последнее время достигнут существенный прогресс в интерпретации увеличения плотности на границе переходного слоя и нижней мантии. Первостепенная роль теперь признается за полиморфными превращениями однородного по химическому составу вещества.

Почти несомненно, что основными фазами, слагающими переходный слой, являются ромбическая модификация типа перовскита MgSiO_3 и периклаз MgO с кубической структурой типа NaCl . Доказательство тому — экспериментальные исследования, с помощью которых обнаружен распад шпинельной модификации $\gamma\text{-Mg}_2\text{SiO}_4$ на

перовскит MgSiO_3 и периклаз MgO , происходящий при давлении 250 кбар и температуре 1000°C. Благодаря увеличению координационного числа Si (от 4 до 6) и Mg (от 6 до 8) объем в результате этой реакции возрастает на 10,7%. Фаза, представленная вторым важнейшим компонентом переходной зоны — силикатным ильменитом MgSiO_3 , также преобразуется в перовскитовую структуру. Происходит это при давлении 220 кбар. В итоге плотность увеличивается почти на 7%. Свойства периклаз-перовскитовой смеси хорошо согласу-



Изменение плотности вещества с увеличением глубины (плотность приведена к атмосферному давлению). Даны примеры возможных минеральных ассоциаций на разных глубинах.

ются с известными нам свойствами вещества нижней мантии Земли.

Однако при анализе нарисованной выше картины следует иметь в виду, что она представляет собой хорошую, но не вполне достаточную модель строения земных глубин. Во-первых, необходимо принять во внимание, что температура 1000°C слишком мала для глубинных частей переходной зоны и нижней мантии: на границе между ними температура, вероятно, достигает 1800—2000°C. Во-вторых, состав мантии не может быть строго описан в

рамках системы $MgO-SiO_2$. Добавочными окисными компонентами должны быть FeO , CaO , Al_2O_3 , Na_2O и др. В результате, в составе оливины верхней мантии $(Mg_{0,9}Fe_{0,1})_2SiO_4$ содержится 10% фаялита Fe_2SiO_4 , а в омфацитовом клинопироксене — заметные доли диопсида $CaMgSi_2O_6$ и жадеита $NaAlSi_2O_6$. Эти добавки существенно сдвигают фазовые границы по сравнению с теми, которые установлены для системы $MgO-SiO_2$. Несомненно, что они влияют и на состав продуктов превращения при высоких давлениях.

Например, в результате экспериментального изучения распределения железа между шпинелью оливинового состава, магнезиовюститом $(Mg, Fe)O$ и перовскитом $(Mg, Fe)SiO_3$, было установлено, что перовскитовая фаза сильно обеднена железом⁵. Следовательно, при высоких давлениях железо отделяется из силикатной фазы в окисную.

На основании результатов этих экспериментальных работ их авторы предложили модель гравитационного фракционирования железа и магния в ранней истории Земли. Действительно, если первоначальное соотношение этих элементов в мантии $x=Fe/Mg$ отвечало метеоритному (точнее, хондритовому) и было заключено в диапазоне $0,2 < x < 0,5$, то из перовскита $(Mg, Fe)SiO_3$ и оливины $(Mg, Fe)_2SiO_4$ такого состава получилась бы ассоциация магнезиовюстита и перовскита, в которой богатый железом магнезиовюстит был бы значительно (на $1,0-1,5 \text{ г/см}^3$) плотнее обедненного железом перовскита. Это привело бы к его гравитационному отделению и переносу избытка FeO к ядру Земли. Потеряв часть FeO во внешнее ядро, остаток магнезиовюстита должен подняться конвективно вверх и вновь вступить в равновесие с перовскитом. После многократного повторения этого процесса плотности выравниваются (при $x=0,02$ для перовскитовой и при $x=0,2$ для магнезиовюститовой фаз). В равновесии с ними на нижней границе переходной зоны будет находиться шпинельная модификация оливины $(Mg, Fe)_2SiO_4$, для которой $x=0,10$, что отвечает составу оливины верхней мантии.

Из сказанного следует, что в результате изменения состава оболочек или в результате изменения температуры фазовые границы в недрах Земли могли с течением времени перемещаться.

СДВИГ ФАЗОВЫХ ГРАНИЦ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Чтобы выяснить, как изменение температуры влияет на давление фазового превращения и на равновесие реакции, воспользуемся уравнением Клапейрона—Клаузиуса $(dP/dT)_{равн} = \Delta S / \Delta V$, где ΔS — изменение энтропии, ΔV — изменение объема в соответствующих условиях.

Градиент dP/dT химической реакции или фазового превращения может быть либо определен экспериментально, либо рассчитан теоретически, если известны значения ΔS и ΔV . Экспериментальное определение dP/dT возможно сейчас для сравнительно низких P и T (< 200 кбар, $< 1500^\circ C$), которые отвечают глубинам верхней мантии и переходной зоны.

Только за последнее десятилетие были созданы установки, позволяющие достигать давлений от 100 до 300 кбар при температуре около $1000^\circ C$. Различные способы достижения таких параметров описаны в уже упоминавшейся книге А. Е. Рингвуда. Отметим только, что наиболее перспективным методом сейчас считается изучение дифракции рентгеновских лучей на образце, зажато между двумя алмазными наковальнями. Этот способ дает наиболее достоверные сведения о состоянии и составе фаз при высоком давлении.

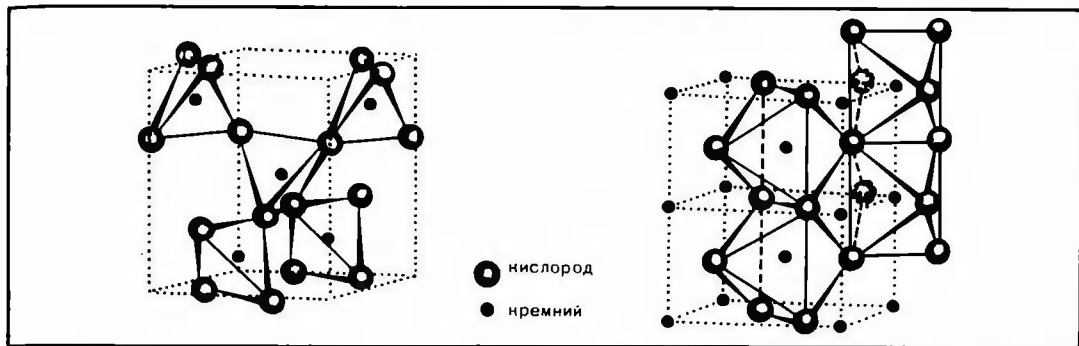
С помощью прямых методов получения надежных данных об условиях фазовых превращений при тех давлениях, которые отвечают верхней мантии и переходной зоне. Это касается превращений оливиновой структуры $\alpha-Mg_2SiO_4$ в шпинелевую $\beta-Mg_2SiO_4$ или $\gamma-Mg_2SiO_4$. Доказано, что основным превращением в этой области давлений соответствует положительный наклон линии равновесия $dP/dT > 0$. Это означает, что при увеличении температуры растет и равновесное давление перехода или, другими словами, увеличивается глубина, на которой происходят фазовые переходы. Для целого ряда типичных превращений (например, $\alpha-Mg_2SiO_4 \rightarrow \gamma-Mg_2SiO_4$) наклон кривой равновесия dP/dT близок к $0,05$ кбар/град. Отсюда нетрудно сделать вывод, что при увеличении температуры, скажем, на $100^\circ C$ давление перехода увеличивается на 5 кбар, а глубина — приблизительно на 15 км.

Иначе обстоит дело с фазовыми превращениями на границе переходной зоны и нижней мантии, в самой нижней мантии и ядре Земли, т. е. при давлениях от 200 кбар до 1—2 Мбар и при темпера-

⁵ Bell P. M., Yagi T., Mao H. K. — Carnegie Inst. Year Book, 1978-79, p. 614.

турах, которые достигают 1500—3000°C. Прямых экспериментальных данных о dP/dT -наклоне равновесий этих переходов пока нет. Поэтому единственной возможностью найти вероятные характеристики фазовых границ на таких глубинах пока остается термодинамический анализ. Первые попытки таких термодинамических расчетов были предприняты Д. Л. Андерсоном около 15 лет назад. Они основывались на упомянутой выше модели Ф. Бёрча, допускающей распад силикатов и сложных оксидов

но, глубина, на которой он совершается, должна уменьшиться приблизительно на 20 км. Из этого результата следует, в частности, вывод о существовании своеобразного барьера для тепловой конвекции и обмена веществом между верхней и нижней мантией. Действительно, тепловой резервуар в нижней мантии (т. е. некоторый объем более нагретого и, следовательно, более легкого, чем окружающая среда, вещества) при всплывании и подъеме к границе с переходной зоной не



Структуры двух основных модификаций кремнезема SiO_2 : кварца (слева) и стишовита (справа). Значительное увеличение плотности — почти на 40% — достигается за счет перехода от координационного числа 4 [тетраэдры атомов кислорода вокруг атомов кремния] к координационному числу 6 [кислородные октаэдры], а также за счет увеличения плотности упаковки.

типа шпинели на плотно упакованные простые оксиды.

Поскольку различные свойства таких оксидов достаточно хорошо изучены и известны их изменения с изменением T и P , то в рамках модели Бёрча можно теоретически оценить dP/dT -наклон фазовых границ между силикатами верхней мантии и изохимической смесью простых оксидов нижней мантии. Результат такого расчета оказался, вообще говоря, нетривиальным. Так, наклон dP/dT линии равновесия между шпинельной фазой $\gamma\text{-Mg}_2\text{SiO}_4$ и смесью оксидов MgO и SiO_2 (стишовит), на которую она, как предполагалось, распадается, получился отрицательным ($-0,06$ кбар/град)⁶. Это значит, что при повышении температуры на 100°C давление перехода уменьшается на 6 кбар и, следовательно,

испытал бы фазового перехода, так как при отрицательном dP/dT он требовал бы меньших глубин. Значит, этот объем оказался бы более тяжелым по сравнению с таким же объемом вещества переходной зоны и «застыл» бы на границе. Следовательно, мы подходим к выводу о химической негомогенности вещества мантии. Но этот вывод противоречит современным геохимическим представлениям о составе недр нашей планеты.

Впрочем, как мы уже отмечали, в настоящее время экспериментаторами установлено, что фазы переходной зоны не распадаются в нижней мантии на простые оксиды, а превращаются в более плотную смесь перовскитовой модификации метасиликата магния MgSiO_3 , периклаза MgO и некоторых других фаз, содержащих Al_2O_3 и CaO . Поэтому, чтобы определить, каков будет по знаку и величине сдвиг фазовой границы при изменении условий равновесия, нужно прежде всего знать свойства перовскитовой модификации.

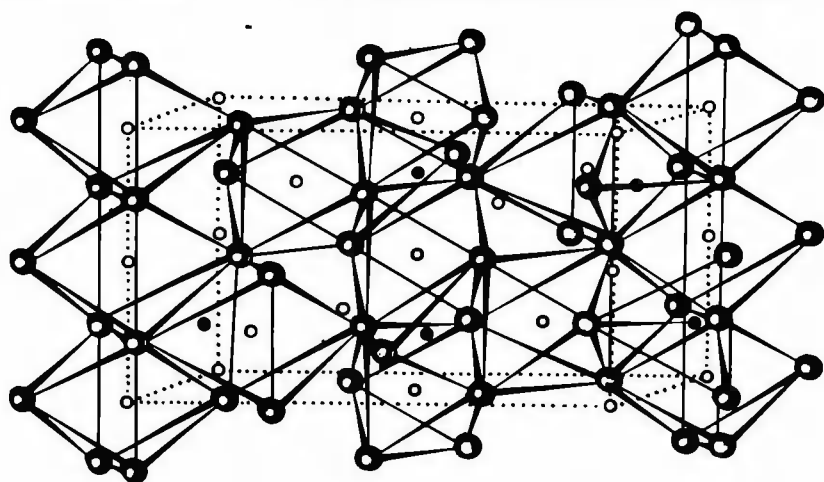
Такие важнейшие ее свойства, как энтальпия и энтропия образования, были оценены в одной из наших последних работ на основании ряда структурно-термодинамических соотношений⁷. В частности, было

⁶ Anderson D. L. — Science, 1967, v. 157, № 3793, p. 1165.

⁷ Барсуков В. Л., Урусов В. С. — Геохимия, 1982, № 12, с. 1729.

найденно, что при сверхвысоких давлениях возможно нарушение обратной корреляции между плотностью и энтропией, т. е. с увеличением плотности энтропия соединения не уменьшается, а увеличивается. Весьма вероятно, что, несмотря на значительное увеличение плотности (примерно на 3%) по сравнению со смесью периклаза и стишовита, энтропия перовскитовой модификации не только не меньше, но почти на 10% выше. Этот парадоксальный, на первый взгляд, вывод объясняется тем, что при высоком давлении структура

диент фазового перехода не соответствует простому механизму переноса вещества и тепла через фазовую границу. Можно, конечно, представить такие усложненные механизмы конвекции, которые позволяют преодолеть барьер, связанный с фазовым превращением. Однако в любом случае это будет означать, что на нижней границе переходной зоны действует один способ конвекции, а на верхней — другой. Это должно приводить к дроблению конвективных ячеек в переходной зоне и неоправдан-



Оливиновая (слева) и шпинелевая (справа) структуры минерала Mg_2SiO_4 . При переходе от одной структуры к другой координационные числа (4 — для кремния, 6 — для магния) не изменяются, и 10%-ное увеличение плотности достигается за счет сближения соседних октаэдров в структуре шпинели.

перовскитовой фазы становится искаженной; атомы кислорода, окружающие в ней атомы магния, расположены весьма несимметрично, что усложняет спектр колебаний атомов в структуре и повышает ее колебательную энтропию.

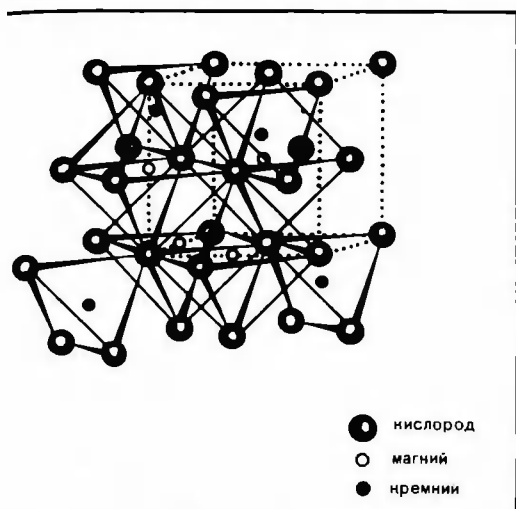
Теперь, оценив свойства фаз сверхвысокого давления, мы приходим к заключению, что превращение $\gamma\text{-}Mg_2SiO_4 \rightarrow MgO + MgSiO_3$ (перовскит), на которое принято было ссылаться при объяснении скачка плотности на верхней границе нижней мантии, по-видимому, характеризуется значительным отрицательным наклоном dP/dT (примерно 0,05 кбар/град). Этот вывод влечет за собой ряд затруднений при анализе геологических следствий. Так, ранее было отмечено, что отрицательный гра-

диент фазового перехода не соответствует простому механизму переноса вещества и тепла через фазовую границу.

К счастью, имеется возможность избежать этих затруднений, более подробно рассмотрев кристаллохимическую природу фаз высокого давления. При этом в глаза бросается следующая особенность кристаллических структур переходной зоны: в области давлений, характерных для этой зоны, координационные числа катионов в различных позициях оказываются близкими и вообще господствует шестерная (октаэдрическая) координация. Она характерна для Si в стишовите SiO_2 , для Mg и Fe в шпинели и модифицированной шпинели, для обоих катионов в ильменитовой модификации $(Mg, Fe)SiO_3$. В результате возникает возможность обмена местами различных катионов и проявляется общая особенность кристаллических структур переходной зоны — их разупорядоченность. Даже для структуры шпинели, в которой координационное число кремния сохраняется равным четырем (тетраэдрическое окружение), при высоких температурах

обычна некоторая степень обращенности: часть атомов кремния (примерно 10—20%) переходит из тетраэдров в октаэдры и, наоборот, соответствующее количество атомов Mg или Fe переходит из октаэдров в тетраэдры.

Особенно характерна такая разупорядоченность для структуры ильменита, где еще большая доля атомов кремния и магния находится в общих октаэдрических позициях. Так, недавно было найдено экспериментально, что при 1000°C и 250 кбар $MgGeO_3$ переходит в структуру типа иль-



менита $FeTiO_3$ в структуру типа корунда Al_2O_3 , в которой обе октаэдрические позиции становятся неразличимыми из-за полного смешения в них атомов разного сорта⁸. Собственно ильменит $FeTiO_3$ переходит в структуру корунда при 150 кбар и 1000°C. По нашим оценкам, давления около 300 кбар было бы достаточно для перехода $MgSiO_3$ из ильменитовой в корундовую модификацию.

Важно также, что разупорядоченные формы шпинели и ильменита заметно плотнее упорядоченных — на 2—3%. Это означает, что не только повышение температуры, но и повышение давления способствует структурному разупорядочению. Кроме того, присутствие алюминия в качестве обычной изоморфной примеси в шпинельной и ильменитовой фазах увеличивает степень беспорядка в распределении атомов. Дело в том, что алюминий и при

относительно малых давлениях земной коры способен занимать как октаэдрические, так и тетраэдрические позиции. Примером является минерал силлиманит $Al[AlSiO_5]$, в котором половина атомов алюминия находится в октаэдрическом кислородном окружении, а вторая половина — в тетраэдрическом.

Если резюмировать все приведенные факты, то переходную зону мантии можно с полным правом назвать зоной разупорядоченных фаз и твердых растворов. Это отличает ее как от верхней, так и от нижней мантии Земли, где структура основных минеральных фаз такова, что разупорядочение главных породообразующих элементов не происходит в сколько-нибудь заметных масштабах. Действительно, кремний в силикатах земной коры занимает только тетраэдрические позиции, а в минеральных фазах нижней мантии (перовскит, структура типа феррита кальция) он также не обменивается местами с более крупными катионами, которые на этих глубинах занимают позиции с координационным числом не меньше восьми.

Известно, что такое термодинамическое свойство, как энтропия, прямо связано со степенью упорядоченности в строении вещества: энтропия является мерой беспорядка и растет вместе с ростом неупорядоченности в распределении атомов и хаотичности в их движении. Следствием этого является рост энтропии вещества переходной зоны мантии Земли по сравнению с энтропиями идеализированных строго упорядоченных фаз, которые мы рассматривали до сих пор, когда пытались оценить направление сдвигов фазовых превращений при изменении температуры и давления. Можно сделать полуколичественные расчеты роста энтропии в результате разупорядочения кристаллических структур вещества переходной зоны.

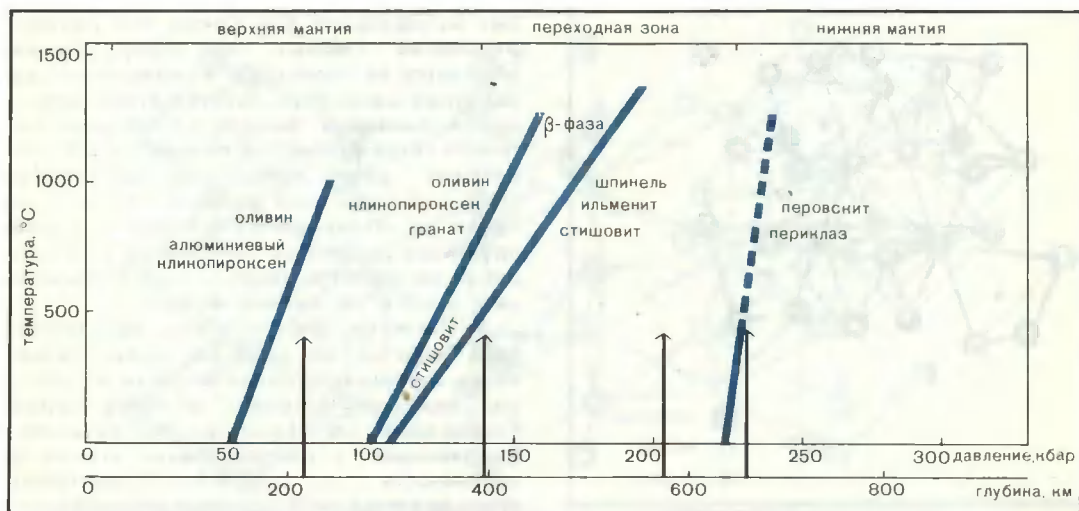
Проведя такие расчеты, мы убедились, что характер сдвига фазовой границы, совпадающей с верхней границей нижней мантии, существенно изменяется: dP/dT этого перехода оказывается близким к нулю и даже, возможно, становится положительным. Этот вывод совпадает с предположением Рингвуда о том, что для реакции на этой глубине «градиент примерно +20 бар/град не кажется невероятным». В свете приведенных выше аргументов можно согласиться со следующим его заключением: «учитывая существование значительных неопределенностей и ради простоты дальнейших рассуждений принимается, что все фазовые переходы в об-

⁸ Ito E., Matsui Y.— Phys. Chem. Minerals, 1979, v. 4, № 3, p. 265.

ласти глубин 650—800 км объединяются в один переход первого порядка на глубине 650 км с градиентом $+20$ бар/град⁹.

Данные о dP/dT -градиентах необходимы при анализе вопроса о возможных перемещениях границ фазовых переходов и, следовательно, отдельных зон мантии с изменением температуры. При этом в качестве исходной посылки нужно принять разогрев недр Земли от момента ее образования до настоящего времени. Так, согласно одной из моделей тепловой истории

щений в верхней мантии и переходной зоне. Из этих расчетов следует, например, такой вывод: рост температуры на 500°C приводит к погружению всех четырех границ переходов на 60—100 км, т. е. происходит разуплотнение толщи земных недр суммарной мощностью около 300 км. Если принять среднее уменьшение плотности или увеличение объема примерно на 5%, то поверхность слоя, практически совпадающего с областью переходной зоны, должна увеличиться на 3%.



Обобщенная схема минеральных превращений в мантии. Хорошо видно, что четырем основным границам этих превращений отвечают четыре глубинных раздела, где отмечаются скачки скорости прохождения сейсмических волн и главные изменения плотности [стрелки]. Наклоны цветных прямых соответствуют dP/dT -градиентам превращений.

Земли¹⁰, за последние 2 млрд лет температура мантии увеличилась на 1000°C .

Очевидно, что при положительном значении dP/dT увеличение температуры приводит к повышению давления перехода или глубины, на которой этот переход совершается. Допуская, что нижняя граница переходной зоны слабо сдвигается при изменении температуры, рассчитаем влияние температуры на давление фазовых превра-

Кроме того, нужно учесть термическое расширение всего вещества Земли, которое сопровождается таким разогреванием. Для этих оценок воспользуемся известными коэффициентами термического расширения, которые меняются от 1 до $2 \cdot 10^{-5}$ град⁻¹ в переходной мантии и до $3 \cdot 10^{-5}$ град⁻¹ в верхней мантии. При подъеме температуры на 500°C объем верхней мантии увеличивается не менее чем на 1%. При этом земная кора, видимо, не может испытывать такого большого подъема температуры, оставаясь длительное время в изотермических условиях. Следовательно, она должна подвергаться мощным тангенциальным растягивающим усилиям со стороны мантии.

Таким образом, мы приходим к выводу, что увеличение радиуса Земли и поверхности ее мантийных оболочек на 3—4% за последние 2 млрд лет геологической истории — вполне допустимый феномен. Здесь может крыться объяснение многих из происходящих в земной коре процессов.

⁹ Рингвуд А. Е. Назв. соч., с. 495.

¹⁰ Ботт М. Внутреннее строение Земли. М., 1974.

ВЕРОЯТНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Известно, что земная кора обладает особыми реологическими свойствами, а именно: является более жесткой по сравнению с лежащими ниже относительно мобильными оболочками. Эту жесткую внешнюю оболочку принято называть литосферой в отличие от астеносферы, подвижность которой связана с частичным плавлением вещества. Благодаря большей жесткости литосфера обладает некоторым пределом прочности при длительно действующей нагрузке, которую литосфера испытывает со стороны мантии, если та при разогревании постепенно растет в объеме.

Реологические свойства коры не позволяют ей пластично реагировать на растягивающие усилия со стороны мантии. Наступает момент (это было около 200 млн лет назад), когда тонкая кора как бы лопается и в ней появляются гигантские трещины. Видимо, в первую очередь они появляются там, где кора более тонкая, т. е. под океанами. Так в упрощенном виде рисуется нам основная причина появления рифтовых зон, оси которых проходят в большинстве случаев посредине океанов.

Нельзя не заметить, что, по предварительным оценкам, поверхность нашей планеты возрастает на величину, очень близкую к площади рифтовых зон. Это позволяет на строгой физико-химической основе объяснить причины появления в геологической истории Земли преимущественно меридиональных планетарных рифтовых зон и частичного разрастания за их счет площади дна Мирового океана. Более того, совершенно очевидно, что сброс давления в зияющих глубинных разломах обязательно должен привести к подъему из астеносферного слоя мантийных диапиров и частичному их плавлению за счет декомпрессии¹¹. Этим и обеспечивается длительное и устойчивое во времени проявление в рифтовых зонах базальтового магматизма.

Приток к зонам декомпрессии вещества астеносферного слоя, сопровождающий образование линейных диапиров, ведет, в свою очередь, к прогибанию и блоковому опусканию прилегающих к рифту зон океанического дна. Попадая в область прогрева мантии долгоживущим диапиром,

они одновременно оказываются в зоне частичного плавления мантии, что также приводит к излиянию по ограничивающим блоками разломам базальтов, покрывающих большие площади дна Мирового океана. Не случайно детальное изучение состава закалочных стекол, входящих в состав базальтов дна Атлантического, Индийского и Тихого океанов, четко указывает, что существуют два значимо различающихся типа базальтов, генерируемых мантией Земли на различных уровнях глубины и давления. Если в рифтогенных структурах мы встречаем малоглубинные по своему происхождению толеитовые базальты, то во фланговых частях дна Мирового океана сосредоточены значительно более глубинные андезитовые или субщелочные базальты.

Эти достаточно строгие выводы никоим образом не позволяют рассматривать все без исключения базальты дна Мирового океана как продукт генерации рифтовых зон с последующим их «растеканием» в стороны от рифтовых зон вместе с перемещающимся дном. Имеющиеся данные говорят о гораздо более сложной геологической истории дна Мирового океана, чем это рисуется ортодоксальными сторонниками новой глобальной тектоники.

Картина осложняется тем, что геологической истории Земли свойственны не только вертикальные, но и горизонтальные движения земной коры, не только растягивающие усилия, но и сильные напряжения сжатия, причины которых также являются предметом горячих дискуссий. Их рассмотрение выходит за рамки обсуждаемой проблемы, но представляется, что наиболее плодотворный путь их познания лежит в развитии «гипотезы планетарного равновесия», предложенной А. В. Пейве еще в 60-е годы, и в дальнейшей разработке выдвинутого им ротационно-инерционного механизма возникновения горизонтальных напряжений в земной коре.

Наконец, данные молодой и бурно развивающейся науки — сравнительной планетологии — указывают на принципиальную близость ранних стадий развития всех планет земного типа. Отсюда следует, что геологическая история Луны, Марса и особенно Венеры может и должна использоваться для построения моделей геологической истории нашей Земли.

Вероятно, только сочетание различных путей познания приведет нас к правильному пониманию механизма тектонических процессов, формирующих облик Земли и геологической истории нашей планеты в целом.

¹¹ Кадик А. А., Френкель М. Я. Роль воды в образовании магмы. — Природа, 1981, № 6.

Медицинские и социальные аспекты генетики человека

Н. П. Бочков



Николай Павлович Бочков, академик Академии медицинских наук СССР, директор Института медицинской генетики АМН СССР, главный ученый секретарь Президиума АМН СССР. Основные научные интересы связаны с проблемами мутагенеза у человека и медико-генетического консультирования.

Генетика человека несомненно занимает одно из главных мест в фундаментальных основах медицины. В последние два десятилетия ее идеи и методы глубоко проникли почти во все разделы медицины. Это обусловлено серьезными успехами в изучении наследственности человека от молекулярного уровня до популяционного. Большой вклад в развитие генетики человека внесли фундаментальные открытия в естественных науках, особенно в физико-химической биологии, на основе которых были разработаны новые методы исследования наследственности человека. Прогресс обусловлен также повышенным интересом клиницистов и организаторов здравоохранения к наследственной патологии, которая занимает все больший удельный вес в общей заболеваемости и смертности населения. Именно практические задачи клинической медицины определяют цели и направления в генетике человека, а в их основе лежат клинические наблюдения, медико-статистические и демографические показатели.

Больные с наследственными заболеваниями — это хронические больные. Они в 5—6 раз чаще, чем больные с другими заболеваниями, обращаются за медицинской помощью. В больницах дети с наследственной патологией составляют не менее 20%. Среди больных нередко семьи, где

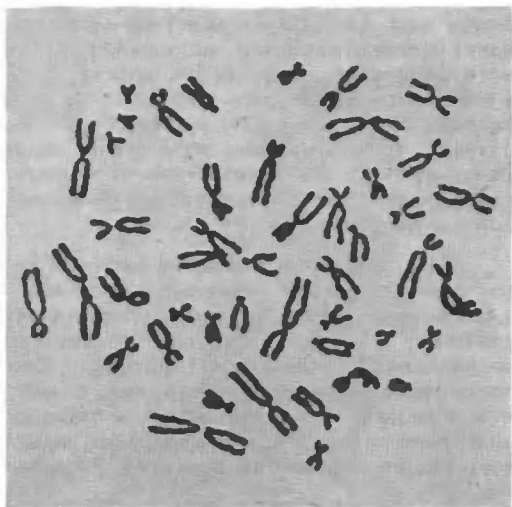
все дети наследственно отягощенные. Детская слепота в 70% и глухонмота в 50% обусловлены наследственными факторами. В развитых странах наследственная патология является причиной детской смертности в 30% случаев. Хромосомные и геномные мутации обуславливают спонтанные аборт, врожденные пороки развития и другие аномалии. Почти 7% всех беременностей самопроизвольно прерываются из-за наследственной неполноценности плода (трисомия, моносомия, генные летальные мутации). Это лишь некоторые характерные примеры груза наследственной патологии, показывающие важность и неотложность разработки фундаментальных проблем генетики человека.

АНАТОМИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА

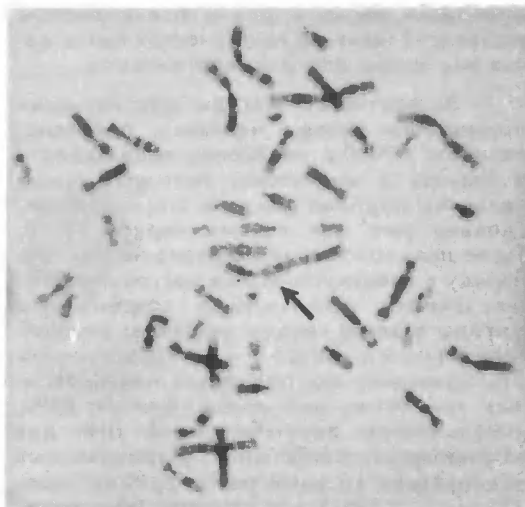
Как известно, первым основным условием познания наследственности какого-либо организма является описание новых наследственных вариаций, т. е. дискретных наследственных признаков. В генетике человека инвентаризация наследственных вариантов первоначально строилась на наблюдениях врачей. Здесь в первую очередь учитывались такие заметные патологические признаки, как карликовость, слепота, ломкость костей, альбинизм. В XX в. в ре-

зультате развития биологических наук появились новые биохимические, иммунологические, цитологические методы. Именно эти методы не просто расширяли наши знания, т. е. увеличивали число подходов, но и поднимали шаг за шагом на новый уровень оценки дискретности. По мере развития генетики человека этот уровень все более и более углублялся. Стал возможен анализ групп крови, болезней обмена веществ, электрофоретических вариантов белков и ферментов. Наконец, в 60-е и особенно в

Из года в год растет количество вновь обнаруживаемых моногенных признаков человека. Только за последние 5 лет список вновь открытых признаков увеличился на 25%. В 1981 г. обнаружено было 100 новых наследственных вариантов. Все эти мутации относятся примерно к 1,5 тыс. локусов, а у человека их, по наиболее вероятным оценкам, около 50—100 тыс. Следовательно, специалистам, работающим в области генетики человека, предстоит еще много сделать. Однако уже сейчас



Нормальный хромосомный набор человека [с л е в а] и хромосомный набор больного пятилетнего ребенка, обследованного в Институте медицинской генетики АМН СССР. Хромосомный анализ больного показал наличие несбалансированной транслокации между 2-й и 13-й хромосомами с утратой части материала в обеих хромосомах. Это хромосомное нарушение явилось причиной задержки психомоторного развития у ребенка с комплексом морфологических аномалий.



можно уверенно говорить об анатомии генома человека, потому что налицо впечатляющие успехи не только в инвентаризации моногенных признаков, но и в изучении групп сцепления¹ и локализации генов человека. Известны все 24 группы сцепления. Картировано уже 20% генов. В настоящее время генетики располагают 16 методами картирования хромосом².

70-е годы генетики стали широко использовать молекулярнобиологические методы.

Такие молекулярнобиологические методы, как анализ первичных белковых продуктов генов, анализ мРНК и процессов ее созревания, искусственный синтез генов, позволяют с максимальной точностью сравнивать наследственные характеристики нормальных и патологических признаков человека. Математическое моделирование с широким использованием электронно-вычислительной техники дает информацию о наследовании признаков на основе изучения различных родословных.

¹ Сцепление — совместная передача потомству двух или более генов, поскольку эти гены лежат в одной хромосоме, т. е. принадлежат одной группе сцепления. Число групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом; для человека с его 46 хромосомами оно равно 24 (22 аутосомы + 2 половые хромосомы).

² Генетические карты хромосом отображают линейный порядок размещения генов в хромосомах. Такие карты составляют для каждой пары гомологичных хромосом, нумеруя группы сцепления по мере их обнаружения. Кроме номера группы сцепления, указывают названия мутантных генов, их расстояние от одного из концов хромосомы, а также место центромеры.

Ежегодно список картированных генов заметно увеличивается как по аутосомам, так и по половым хромосомам. Наибольший вклад в эту проблему вносит метод гибридизации соматических клеток и метод анализа родословных, который особенно перспективен для определения частот кроссинговера.

Изучение анатомии генома человека продолжается: в 1981 г. расшифрована последовательность и организация митохондриальной ДНК, состоящей из 16 569 пар оснований и названной 25-й хромосомой. Таким образом, для человека впервые составлена такая же генетическая карта, какие мы знаем для микроорганизмов.

Эффективные методы для изучения организации генома человека, очевидно, позволят к 2000 г. полностью подразделить и описать в химических терминах геном человека, подобно тому как это, например, сделано уже для генома вируса SV-40. Такое предположение основано на том, что наряду с традиционными в настоящее время широко используются современные методы анализа генома человека: перенос генетического материала путем клеточной гибридизации, или получения изолированных хромосом, или изолированной ДНК; использование рекомбинантной ДНК для картирования; применение рестрикционных эндонуклеаз, которые режут ДНК на определенные фрагменты; изучение нуклеотидных последовательностей в ДНК.

Знания анатомии генома и тонкой структуры генов человека особенно важны при изучении наследственных болезней. Уже во всех хромосомах локализованы гены, мутации которых приводят к наследственным болезням. Это, по существу говоря, новая глава в генетике человека — патологическая анатомия генома. Обширные сведения по локализации мутантных генов с патологическим действием, наряду с анализом сцепления генов, дают возможность уточнять диагноз болезней или гетерозиготных состояний для прогноза здоровья потомства. Этим способом уже сейчас проводится дородовая (пренатальная) диагностика таких патологий, как гемофилия, миотоническая дистрофия, серповидноклеточная анемия, бета-0-талассемия, недостаточность гидроксилазы-21.

Из истории медицины известно, что анатомические знания остаются в значительной мере формальными и недостаточно эффективно используются до тех пор, пока не будут выяснены физиологические

закономерности. По-видимому, это справедливо и для других биологических наук. Только одновременное знание и строения, и функции какой-либо системы дает в руки исследователя орудие управления организмом.

ФИЗИОЛОГИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА

В работах по генетике человека уже можно говорить о начале формирования физиологии генома человека, т. е. о понимании развития признака с первых этапов. Более чем для 200 наследственных признаков известен характер нарушения первичного белкового продукта (на уровне ферментативной активности или даже аминокислотного состава). Для многих болезней изучены биохимические пути реализации действия патологического гена от первичного продукта до формирования клинической картины.

Так, например, известно, что при галактоземии резко снижена активность фермента галактозо-1-фосфат-уридилтрансферазы, в результате чего в клетках накапливается галактозо-1-фосфат. Это соединение нарушает углеводный обмен, что, в свою очередь, приводит к поражению таких органов, как печень, мозг, вызывает общие нарушения развития, катаракты.

Фактически в медицине начинается период, в котором диагноз наследственной болезни может быть описан не клиническими терминами, а химическими формулами. Успехи в физиологии генома человека позволяют это делать для многих наследственных болезней. В качестве примера можно привести гемоглобнопатии. Около 300 различных вариантов, встречающихся у населения всех континентов земного шара, расшифрованы до первичной структуры белка.

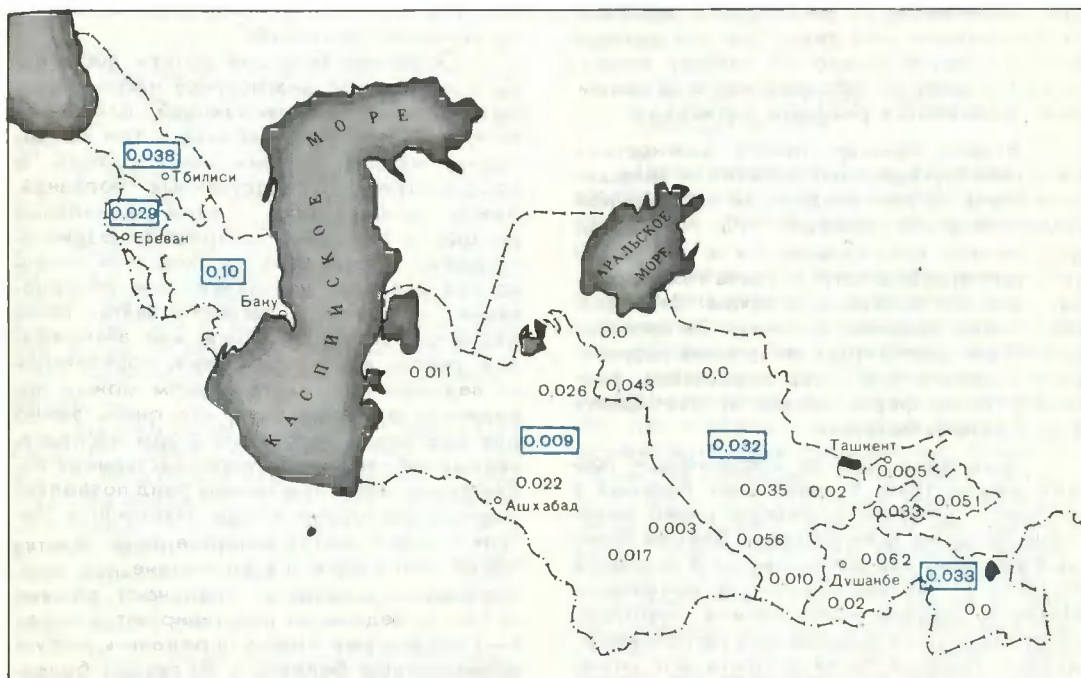
Вместе с тем исследования по взаимодействию генов человека ведутся еще недостаточно, а ведь именно это направление является главным в физиологии генома. И хотя вопросы взаимодействия патологических генов человека успешно начал разрабатывать около полувека назад С. Н. Давиденков, в этом направлении необходима большая работа. Для таких исследований уже есть методические предпосылки как в современной клинической генетике, так и в биохимической и молекулярной генетике.

ГЕНЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ

Изучение анатомии и физиологии генома человека непосредственно связано с генетическим анализом индивида. Конечно, его недостаточно, каким бы глубоким он ни был. Генетические закономерности всегда выходят за рамки анализа индивида на популяционный уровень. В области популяционной генетики обнаружен необъятный генетический полиморфизм человеческих популяций. Его объем можно

полиморфных, т. е. неповторяющихся сочетаний у других людей, генов. Такова основа генетического разнообразия человека, его индивидуальных вариаций.

Расшифровка популяционно-генетических закономерностей обеспечила подходы к изучению популяционной географии наследственных болезней. Хотя вопрос о геногеографии был поставлен А. С. Серебровским в конце 20-х годов, однако его систематическая разработка стала возможной только в последние 5—10 лет. Резуль-



Медико-географическая карта распространения гетерозиготной бета-талассемии в республиках Средней Азии и Закавказья. Цифры, выделенные цветом, — средние частоты гетерозигот по республике, остальные цифры — частоты гетерозигот в областях.

татом этой работы являются медико-географические карты наследственной патологии.

ДИАГНОСТИКА НАСЛЕДСТВЕННЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Прогресс в изучении наследственности человека резко изменил подходы к наследственной патологии с врачебной точки зрения: к ее диагностике, лечению и профилактике. В результате фундаментальных генетических исследований врачи получили два основных преимущества в области диагностики болезней: точность и своевременность.

Что означает точность диагностики? Диагноз ставится с точностью до мутации,

оценить по следующим примерам. Только по 25 полиморфным системам среди всего населения Земли, т. е. среди 4,5 млрд человек, нельзя найти двух одинаковых людей. Исследования полиморфизма у человека показали, что полиморфные системы составляют 1/3 всех генов. Это значит, что у каждого конкретного человека 15—30 тыс.

до первичного продукта гена. В качестве примера точной диагностики с помощью молекулярногенетических подходов можно привести довольно тяжелое заболевание — пигментную ксеродерму. У этих больных ультрафиолетовая радиация вызывает ожоги, язвы и затем опухоли, потому что у них нарушена репарация ДНК. Поскольку процесс репарации многоступенчатый (экзо- и эндонуклеазы выщепляют пораженный участок нити ДНК, полимеразы обеспечивают замещающий синтез этого участка, а лигазы сшивают новую нить с концами «старой»), то и форм заболеваний существует несколько. К настоящему времени их обнаружено уже семь. Все они похожи друг на друга только по своему конечному признаку — заболеванию, а на самом деле вызываются разными мутациями.

Второй пример точной диагностики на уровне мутационных событий — талассемия (одна из разновидностей врожденной гемолитической анемии). 10 лет назад диагностика бета-талассемии с помощью электрофоретического анализа гемоглобина считалась большим успехом. Это казалось очень высоким уровнем. За прошедшие 10 лет диагностика талассемий настолько уточнилась, что стало возможным различать семь форм альфа- и двенадцать форм бета-талассемий.

Еще один пример современной точной диагностики. У некоторых больных с мужским набором хромосом резко выражены признаки феминизации. Внешне больные выглядят как женщины, но в брюшной полости у них не яичники, а семенники. Никакие эндокринологические гипотезы патогенеза этого заболевания не подтвердились, пока не была открыта его молекулярная природа. Суть наследственного дефекта при этом заболевании — отсутствие в клетках рецепторов к мужским половым гормонам (андрогенам). Клетки не воспринимают эти гормоны. Вот почему при нормальном мужском наборе хромосом, своевременной закладке мужских половых желез, выработке достаточного количества андрогенов организм развивается по женскому типу.

Генетики сейчас могут диагностировать 300 наследственных болезней обмена веществ, все варианты хромосомных болезней и многих других заболеваний (всего их у человека описано около 2 тыс.).

С клинической точки зрения, важна не только точность диагноза, но и его своевременность: чем раньше обнаружено заболевание, тем полнее и эффективнее

лечение. Благодаря успехам генетики человека можно обнаружить болезнь до формирования клинической картины, т. е. сразу после рождения или даже в дородовом периоде. Для ряда болезней уже разработаны простые экспресс-методы ранней диагностики различных нарушений обмена веществ, гипофункций щитовидной железы, некоторых хромосомных аномалий, которые могут широко применяться в сети здравоохранения. Целесообразность полного внедрения методов диагностики таких заболеваний, как фенилкетонурия, муковисцидоз, гемоглобинопатий, эритроцитарные энзимопатии, хромосомные аномалии, не вызывает сомнений.

Особенно большие успехи достигнуты в дородовой диагностике наследственных болезней, позволяющей исключить рождение больного ребенка и тем самым принципиально изменившей подходы к профилактике наследственных болезней. Здесь используются самые различные методы: с помощью контрастной радиоавтографии можно выявить аномалии конечностей у плода, ультразвуковое обследование позволяет диагностировать такие дефекты головного мозга, как анэнцефалия, гидро- и микроцефалия; повторными исследованиями ультразвуком можно определить размеры тела, что очень важно для выявления некоторых форм наследственных заболеваний; непосредственное наблюдение через эластичный зонд позволяет оценить состояние плода. Наилучшие результаты дает метод амниоцентеза³. Клетки плода, находящиеся в амниотической (околоплодной) жидкости, получают обычно на 14—16 неделе, их культивируют, и через 1—3 недели уже можно определить любую хромосомную болезнь и 80 генных болезней. Это составляет почти половину всей наследственной патологии по частоте. Об успехе и необходимости применения дородовой диагностики наследственных болезней говорят следующие факты: на 1 тыс. беременностей диагностируется не менее 50 плодов с патологией. В последующем показания к этому виду помощи будут уточнены и повышены его эффективность. В мире сделано более 100 тыс. амниоцентезов с диагностическими целями. Безопасность процедуры пренатальной диагностики для женщины и ребенка не вызывает сомнений.

³ Амниоцентез — прокол плодного пузыря и генетический анализ клеток околоплодной жидкости.

ЛЕЧЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПАТОЛОГИИ

Генетика человека и биология развития сделали существенный вклад в лечение наследственных болезней. Поскольку для многих болезней расшифрованы цепи биохимических процессов от первичного продукта мутантного гена до формирования клинической картины, это позволяет грамотно вмешиваться в ход развития заболевания на разных этапах, а в ряде случаев проводить так называемое профилактическое лечение. Речь идет о нормокопировании, т. е. о формировании здорового индивида при патологическом генотипе. Среди перспективных методов можно назвать диетическое лечение, заместительную гормоно- и ферментотерапию, удаление из организма токсических продуктов.

В медицине наиболее эффективным всегда считается этиологическое лечение болезней. Для наследственных болезней это означает введение генов в клетки больного, т. е. генную хирургию, или инженерию. На фоне прогресса генной инженерии, естественно, было немало высказываний, в том числе очень оптимистических, о геноинженерном лечении наследственных болезней.

Однако помимо больших надежд на будущее, генная инженерия уже сегодня вносит большой вклад в лечение наследственных болезней. Ее успехи в синтезе полипептидов, белков человека, гормонов и других физиологически активных соединений расширяют арсенал средств для «прицельного» патогенетического лечения наследственных болезней.

Обнаружение огромного генетического полиморфизма человеческих популяций в течение одного десятилетия принципиально изменило многовековую концепцию медицины — лечить не болезнь, а больного. Она теперь основывается не на эмпирических подходах, а на строгих генетических принципах. Правильное понимание особенностей течения заболевания, исхода их в хронические формы, а также определение схемы индивидуального лечения возможно только при учете всего многообразия наследственных вариаций, функционирования и взаимодействия генов в здоровом и больном организме. Успехи генетики человека приближают нас к пониманию конкретных путей влияния определенных наследственных признаков (биохимических, иммунологических, физиологических) на развитие заболеваний с наследственным

предрасположением и благодаря этому к новым принципам их лечения и профилактики.

В то же время следует подчеркнуть, что принципы индивидуального лечения, основанные на фармакогенетических закономерностях, известны сейчас в общей форме. В этом направлении генетикам предстоит еще много сделать. Будущие успехи клинической медицины связаны с расшифровкой функциональных генетических систем, а не только функций и продуктов отдельных генов. Это поможет понять причины вариаций одних и тех же клинических форм болезней, найти более эффективные методы их лечения.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Предупреждение, т. е. профилактика, наследственных болезней всегда считалось важнейшей задачей медицины и здравоохранения.

Раннее выявление наследственной патологии, возможность дородовой диагностики, методы профилактического лечения, устранение факторов среды, усиливающих патологическое проявление генов, медико-генетическое консультирование — все это по-новому позволяет подходить к профилактике наследственных болезней. Объектом наблюдения становится не только больной, но и его семья. Генетики и врачи разрабатывают методики консультирования, обеспечивающие наиболее эффективные пути этого вида специализированной медицинской помощи. Это касается новых методов диагностики гетерозиготных состояний, уточненных методов расчета вероятности рождения больного ребенка, совершенствование методов дородовой диагностики.

В проблеме профилактики наследственных болезней существенное место занимает охрана наследственности от повреждающего действия факторов окружающей среды, особенно в связи с ее все большим загрязнением. Не каждый новый фактор среды повышает вероятность мутаций, поэтому усилия генетиков направлены на разработку методов обнаружения индуцированного мутагенеза человека, а также методов генетического мониторинга. В перспективе должна быть введена строгая и точная система оценки мутагенности факторов среды обитания человека. В широком плане под этим понимается не только охрана биосферы, но и исключе-

ние мутагенных лекарственных средств, вредных пищевых добавок, необоснованных рентгенологических и радиологических обследований.

НАШЕ БУДУЩЕЕ

Хотя принципиальный вывод о возможности индуцированного мутагенеза у человека не вызывает сомнений, однако строгих доказательств повышения интенсивности мутационного процесса в зародышевых клетках у человека пока нет. Методически правильные наблюдения за динамикой частот наследственной патологии за последние 20 лет не показали их повышения. Приведем несколько примеров. В Британской Колумбии (Канада) хорошо налажен учет наследственной патологии. Такие наследственные заболевания, как врожденный пилоростеноз, а также наследственные пороки передней брюшной стенки, находятся в одних и тех же пределах в течение всего периода наблюдений⁴.

Мы проводим генетический мониторинг в г. Ангарске, где интенсивно развивается химическая промышленность. Ретроспективный анализ частот врожденных пороков развития, спонтанных абортс за 10 лет показал, что частота этих не менее чем на 50—70% генетически детерминированных событий не изменилась.

Этот вывод, однако, не снимает вопросов дальнейшего контроля возможного мутагенного действия факторов внешней среды, особенно с популяционной точки зрения. Необходимо совершенствовать методы оценки мутагенных эффектов и прогнозирования темпов мутирования, а также проводить генетический мониторинг популяций человека, чтобы вовремя обнаружить малейшие изменения.

Появление новых факторов в среде в связи с научно-техническим прогрессом может привести к патологическому проявлению нейтральных мутаций. Такие факты теперь хорошо известны. Например, недостаточность альфа-антитрипсина проявляется в виде ранней эмфиземы легких только в условиях запыленной атмосферы и курения, мутация в локусе холинэстеразы (т. е. появление атипичного фермента) вызывает остановку дыхания при применении миорелаксантов. Это направление в генетике человека названо экогенетикой.

Предстоит очень многое сделать в этом направлении, чтобы обеспечить нормальное функционирование организма. Мы не можем согласиться с концепцией адаптации генотипа человека к среде. Речь должна идти об обеспечении индивидуально адаптированной среды для каждого человека. Это касается прежде всего особенностей питания (например, некоторые люди не переносят молочных продуктов, пшеничного белка глютена, конских бобов и др.), климата, профессиональных нагрузок, бытовых условий.

Прогресс генетики человека дает нам все основания смотреть в биологическое будущее человека с оптимизмом, если научно-техническое развитие и медицинская помощь будут обеспечиваться прогрессивным социальным строем. Наше поколение располагает всеми возможностями, чтобы не оставить дополнительного груза патологической наследственности своим потомкам. Больше того, достижения современной генетики и здравоохранения позволяют шаг за шагом решать вопросы освобождения человечества от тяжелого груза наследственных болезней.

В целом о современном положении генетики человека в ряду других наук можно сказать, что существует тесная взаимосвязь между фундаментальными науками (молекулярная биология, морфология, физиология, биохимия), генетикой человека и медициной с их взаимным влиянием друг на друга.

Профилактическое направление советского здравоохранения предусматривает широкие меры по предупреждению болезней, сохранению и улучшению здоровья населения. Именно поэтому генетика человека, изучающая самые первичные основы функций в норме и патологии, становится все более и более фундаментальной основой медицины. Ее разработки позволяют объединить широкие социальные задачи здравоохранения с индивидуальным подходом к пациенту. А именно это составляет высшую цель и врача, и генетика.

⁵ Бочков Н. П., Прусаков В. М., Николаева И. В., Тихоной М. В., Лунга И. Н. — Цитология и генетика, 1982, т. 16, № 6, с. 33.

⁴ Walpole I. R. — Amer. J. of Med. Genet., 1981, v. 10, № 3, p. 237.

Проблемы медицинской биофизики

В августе 1982 г. в Москве состоялся I Всесоюзный биофизический съезд, на котором обсуждались актуальные проблемы биофизики. Было отмечено возрастающее влияние биофизики на решение практических задач, связанных с охраной окружающей среды и здоровья человека. Ярким примером такого влияния может служить оформившееся в последние годы новое направление в биофизике — медицинская биофизика, которой были посвящены на съезде заседания специальной секции. Руководитель секции директор Научно-исследовательского института по биологическим испытаниям химических соединений АН СССР и Министерства медицинской промышленности СССР, член-корреспондент АН СССР Л. А. Пирузян в интервью нашему корреспонденту Н. Д. Морозовой освещает характерные черты медицинской биофизики.



Лев Арамович Пирузян, член-корреспондент АН СССР, директор Научно-исследовательского института по биологическим испытаниям химических соединений АН СССР и Министерства медицинской промышленности СССР, заведующий Отделом медицинской биофизики Института химической физики АН СССР. Основные научные интересы лежат в области медицинской биофизики, создания новых лекарств, действия на человека физических и химических факторов. Автор монографии: Пероксидазосомы. М., 1978 (в соавторстве с В. В. Рогозиным и Р. А. Муравьевым).

Корреспондент. На съезде мы слышали много призывов приблизить фундаментальные биофизические исследования к практическим задачам современной биологии и медицины. Не могли бы Вы рассказать о работах, проводящихся под Вашим руководством в Научно-исследовательском институте по биологическим испытаниям химических соединений АН СССР и Министерства медицинской промышленности СССР, а также в Отделе медицинской биофизики Института химической физики АН СССР, которые являются удачным примером исследований, дающих уже сейчас важные практические результаты.

Л. А. Пирузян. Медицинская биофизика — молодая и очень быстро развивающаяся область науки. Ее становление и стремительное развитие определяется

актуальностью фундаментальных исследований патологических процессов в организме человека, необходимостью разработки научно обоснованных методов их предупреждения, диагностики и лечения.

Столь быстрое развитие медицинской биофизики обусловлено успехами наук, из которых она выделилась: физики, химии, молекулярной биологии, физиологии, но в особенности — биофизики. По сути дела, каждый раздел биофизики в той или иной степени имеет отношение к проблемам медицины. Особенность медицинской биофизики состоит в том, что в ней медицинская значимость биофизической проблемы приобретает первостепенное значение. Окончательная цель медицинской биофизики — создать фундамент теоретической медицины и установить прочную связь медицины с точными науками.

В задачи медицинской биофизики входит изучение биофизических и физико-химических основ патологических процессов, биофизических основ поражающего и терапевтического действия физических и химических факторов окружающей среды, создание и совершенствование методов медицинской диагностики, а также направленный поиск лекарственных препаратов.

Корреспондент. Такая программа включает больший круг междисциплинарных по своей сути исследований. Можно ли в этой связи говорить о каких-либо методологических принципах, отличающих этот новый раздел науки?

Л. А. Пирузян. Безусловно, в медицинской биофизике складываются свои методические подходы. Практически все исследователи, работающие в биофизике или молекулярной биологии, думают над тем, как применить обнаруженный эффект или установленную закономерность в практике. Поэтому большинство выполненных работ содержат рекомендации по применению того или иного эффекта, вещества или процесса в практических целях. Но мы знаем, как порой удручающе мала доля таких рекомендаций, которые доводятся до клинических методик, реальных лекарств или приборов, способных лечить людей или устанавливать болезни. Причина очевидна: организм человека — сложнейшая интегрированная на различных уровнях биологической организации система и его реакция на то или иное вещество, которое мы проверили «на хвосте крысы», или на то или иное воздействие, которое мы исследовали в пробирке, может совершенно не соответствовать нашим ожиданиям. Поэтому без понимания природы нормы и патологии, несмотря на тончайшие и высокоточные эксперименты и теории, всякая практическая деятельность будет сводиться к слепым поискам.

С другой стороны, уже сейчас видны трудности, которые связаны с внедрением в клинику все более точных и сложных физических и биофизических приборов. Вполне понятно желание медиков и биологов поставить свои наблюдения на точную основу, однако без достаточного обоснования необходимости этих наблюдений исследователи начинают тонуть в гигантском объеме информации, лишь запутываящей понимание явления. О такой тенденции пи-

сал еще А. Сент-Дьердьи. По его словам, если спросить у биолога или медика, что ему нужно в первую очередь от физика, он ответит — прибор для измерения такой-то величины. Если спросить его, а что ему нужно еще, он ответит — чтобы прибор мерил эту величину поточнее. Если спросить его, что бы ему хотелось еще, то он скажет — чтобы точность была еще выше и еще хорошо бы мерить и другую величину. В конце концов, хочется спросить, что должен сделать физик — привезти прибор сам или послать его по почте?

Иными словами, прецизионная техника, тончайшие методики дают хаотическое поле экспериментальных данных, отношение которых к тому или иному явлению остается весьма спорным.

Выход из этого положения очевиден: в каждом конкретном случае ученым разных специальностей необходимо объединяться в коллектив единомышленников, преодолевший междисциплинарный «языковой барьер», имеющий четкую медицинскую цель и соответствующие методы, осмысленные с позиций физики, химии и биологии, а также ясное представление о путях практического внедрения результатов. Это, разумеется, не простое дело, но только так можно решать важные фундаментальные и практические задачи.

Корреспондент. Не могли бы Вы привести пример подобного решения медицинской проблемы?

Л. А. Пирузян. Таких примеров много. Назову один — цикл работ, связанных с системной красной волчанкой, начатых в нашем институте, к сожалению, ныне покойным Владимиром Константиновичем Подымовым. «Природа» уже писала об этих работах¹, поэтому остановлюсь вкратце лишь на узловых моментах развитой В. К. Подымовым концепции, которая, с моей точки зрения, как нельзя лучше отражает основные принципы медицинской биофизики в решении важных практических задач.

Первичные факторы воздействия окружающей среды, а именно свет, определяет весь последующий ход событий в патогенезе красной волчанки. Применяв метод селективного лазерного возбужде-

¹ Подымов В. К. Новые представления о природе красной волчанки. — Природа, 1982, № 5.

ния, исследователи установили, что фотодинамическое повреждение кожи под действием солнечного света связано с повышенным содержанием копропорфирина III в сальных железах человека. Именно эти очаги и представляют собой источник различных субстратов, стимулирующих дальнейшее развитие красной волчанки. Субстраты подразделяются на два типа.

С одной стороны, это мощные полиаутоантигены, т. е. вещества, вызывающие образование у больных самых разнообразных аутоантител — антител к различным компонентам собственных клеток. Поэтому системную красную волчанку можно определить как классическое аутоиммунное заболевание.

С другой стороны, это так называемые аутолиганды, которые связываются в организме с различными металлсодержащими ферментами и образуют с ними так называемые хелатные соединения. В числе прочих аутолиганды блокируют активность фермента лизилоксидазы, который ответствен за образование коллагенового волокна в организме. В результате нарушается формирование коллагена. Как известно, для системной красной волчанки действительно характерен недостаток коллагенового волокна. Но если раньше казалось, что он вызван распадом коллагена, то, как теперь стало ясно, все дело именно в дефиците формирования коллагена.

Такой подход к патологии красной волчанки позволил выяснить два существенных обстоятельства. Прежде всего, стала понятной природа заболеваний, родственных спонтанной системной красной волчанке. Речь идет о так называемых волчаночноподобных синдромах (лекарственных волчанках), где роль лигандов, блокирующих действие образующих коллагеновое волокно ферментов, играют различные лекарственные препараты.

Второе обстоятельство заключается в том, что путь от первичного очага поражения к конечному эффекту — коллагенозу — контролируется механизмом, определяемым биохимической индивидуальностью человека, в частности генетически определенным содержанием и активностью фермента N-ацетилтрансферазы. Все население, как известно, делится по этому признаку на так называемых быстрых и медленных «ацетиляторов», т. е. людей, способных быстро или медленно превращать различные чужеродные вещества в организме в их ацетильные производные. Оказалось, что именно ацетилирование контролирует в значительной мере вред-

ное воздействие как лекарственных препаратов, так и аутолигандов на развитие красной волчанки.

В узловых моментах этой концепции мы видим практически весь арсенал современной физико-химической биологии: сочетание вредных физических факторов окружающей среды с генетической предрасположенностью к восприятию таких факторов, сложные цепи биофизических, физико-химических и биохимических процессов на пути от первичных очагов поражения к конечному результату — дефекту образования соединительной ткани.

Поэтому я и считаю цикл работ по красной волчанке характерным примером подхода к проблеме медицинской биофизики вообще. Здесь важная медицинская задача решается на уровне самых современных методов биофизики и физико-химической биологии комплексно и многопланово, начиная от выяснения молекулярных и клеточных механизмов патогенеза, объединения в единый механизм разрозненных процессов, известных из клиники, и кончая разработкой реальных средств для предупреждения и лечения заболевания.

В итоге всего за 5 лет был полностью экспериментально и клинически исследован препарат «Фогем» — средство для патогенетической терапии кожных поражений при красной волчанке и других фотодерматозах. По существу, этот препарат имеет чисто биофизическое действие. Он представляет собой светофильтр, защищающий кожу от световых лучей именно той длины волны (400 нм), которая ответственна за возникновение первичных очагов поражения.

Корреспондент. Таковы же, очевидно, и принципы подхода медицинской биофизики в разработке методов медицинской диагностики?

Л. А. Пирюзян. Да. Здесь можно остановиться, в частности, на одном примере — биофизике свертывания крови. Исследования в этом направлении позволили достаточно быстро перейти от раскрытия молекулярных механизмов тромбогенеза к принципиально новым методикам клинической диагностики болезненных состояний, обусловленных нарушением свертываемости крови. В наших работах на основе теоретических и экспериментальных исследований была сформулирована концепция

о взаимозависимости состояния системы свертывания крови и структуры основного вещества, образующего кровяной сгусток, — молекулы фибрина. Было установлено, что сшивки между различными молекулами, которые образуются на стадии разветвления полимерных цепей фибрина, определяют устойчивость кровяных сгустков к действию разрушающих агентов. На этой основе удалось понять молекулярный механизм действия природных веществ, разрушающих кровяной сгусток, т. е. таких, например, как хорошо известный гепарин. Кроме того, исследования в этой области привели к созданию методики, позволяющей на основе тепловых свойств крови определять ее свертываемость и, таким образом, предсказывать возникновение различных патологий, связанных с неспособностью крови свертываться. Эта методика сейчас достаточно широко внедрена в клиническую практику.

Корреспондент. В последние годы внимание исследователей все больше привлекают методы неинвазивного (неразрушающего) контроля за процессами жизнедеятельности. А что может сделать медицинская биофизика для создания подобных методов диагностики?

Л. А. Пирузян. Мы уже стали привыкать к рентгеновским компьютерным томографам — устройствам, в которых сканирующий рентгеновский луч дает детальную информацию о внутреннем строении организма человека. Несомненно, это передний край медицинской техники; но все же в данном случае мы имеем дело с рентгеновским аппаратом, который позволяет только получать хорошую картину расположения органов и тканей, отличающихся поглощающей способностью. Сейчас начинается широкое внедрение позитронных томографов, с помощью которых можно, например, изучать структуру и электрическую активность головного мозга.

Однако гораздо большие перспективы у устройств, основанных на возбуждении и регистрации сигналов ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в организме человека². Клиническая ценность ЯМР-то-

мографии уже сейчас не меньшая, чем у рентгеновских томографов. Физическая природа их сигнала иная, чем у рентгеновских устройств. Регистрируя ЯМР-сигнал дифференциально в разных точках организма, можно получить не только распределение вещества по плотности, т. е. картину, не худшую, чем в рентгеновских лучах, но и определить на молекулярном и субклеточном уровнях физические характеристики ключевых структур организма, например время магнитной релаксации протонов воды, которое очень чувствительно, как показала практика, к возникновению и развитию новообразований. Однако внедрение ЯМР-томографов в клинику связано с решением таких инженерно-физических вопросов, как создание высокооднородных и высокостабильных полей — от 0,1 до 2 Т, причем в объеме, достаточном для размещения человека.

Зарубежные фирмы используют для таких приборов сверхпроводящие магниты. Но всякий, кто сталкивался с криогенной техникой, может представить себе трудности эксплуатации устройств, работающих при гелиевых температурах с объемом зазора между полюсами магнита порядка 1 м³. Мы уверены, однако, что можно пойти по иному пути и создать в магнитной камере такого объема при комнатной температуре поля, значительно превышающие магнитные поля существующих ЯМР-томографов. Это позволит перейти к новому этапу в интроскопии человека — «локальному магнитному резонансу», или «спектроскопии человека». Я имею в виду возможность определять концентрацию ряда органических веществ, их химическую структуру и конформационное состояние, контролировать биохимические процессы в любой точке организма человека без вмешательства в жизнедеятельность в целом.

Таким образом, впервые возникла возможность создать системы, которые способны неинвазивно на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях контролировать состояние ключевых структур организма и принципиальные для метаболизма процессы в норме и патологии, следить за воздействием на организм различных факторов физической, химической и т. п. природы, в том числе лекарственных веществ, установить их индивидуальную судьбу (концентрацию и распределение) в органах и тканях.

Конечно, еще не ясно, как ЯМР влияет на организм, что определяет безо-

² Федин Э. И. ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов. — Природа, 1980, № 4.

пасность метода и каково его биологическое действие. Но, несомненно, это направление открывает невиданные ранее перспективы в диагностике. Биологи и медики получают такой инструмент, возможности которого я бы сравнил, пожалуй, с той известной революцией в астрономии, когда от наблюдения картины звездного неба она перешла к получению спектральных физических характеристик небесных объектов и стала всеволновой.

Корреспондент. Раз уж Вы упомянули о влиянии излучений на человеческий организм, может быть, стоит остановиться вообще на роли медицинской биофизики в выяснении опасности тех или иных факторов окружающей среды для человека?

Л. А. Пирузян. Я бы сказал, что актуальность подобных исследований — важнейший стимул для быстрого развития медицинской биофизики. Мы часто говорим о необходимости защищать животный и растительный мир от опасностей, связанных с развитием цивилизации. Однако в первую очередь в такой защите нуждается сам человек. Сейчас даже в повседневной жизни техника, химия, фармакология, да и медицина подвергают организм человека серьезным испытаниям, последствия которых трудно предсказать. Например, ежегодно синтезируется и широко применяется множество новых химических соединений, обладающих биологической активностью. Все чаще в своей практической деятельности человеку приходится иметь дело с ионизирующей радиацией. Существуют вполне обоснованные опасения, что хозяйственная деятельность человека приведет к усилению ультрафиолетовой радиации у поверхности Земли; создаются новые мощные источники оптического излучения и электромагнитных полей, быстро развивается биотехнология и геновая инженерия. Вообще, труд человека все чаще оказывается связанным с экстремальными воздействиями — с несомненной, резкими изменениями температуры, давления и состава газовой среды и т. д. И в этом плане перед медицинской биофизикой прежде всего стоит задача определения устойчивости, если хотите, резервов организма и отдельных его функциональных систем к различного рода нарушающим факторам. На этом сложном пути медицинская биофизика решает множество важных теоретических и прикладных вопросов.

Корреспондент. Может быть, стоит начать с проблем, связанных с воздействием на человека физических факторов, в частности электромагнитных полей, тем более что в этой области роль медицинской биофизики в научном упорядочении хаотических, весьма неоднородных и противоречивых данных может стать решающей?

Л. А. Пирузян. Вы правы, у медицинской биофизики имеется и такая задача — «расчистить» научную информацию от массы неясных эффектов и гипотез. И проблема, которую Вы упомянули, — хороший тому пример. К настоящему времени в литературе накопилось очень много разрозненных и часто противоречивых данных, интерпретация которых зачастую основывается лишь на принципе «а почему бы и нет?».

Так, например, каких только механизмов влияния электромагнитных полей на живые организмы не предлагается! Но многие из них, как известно, не выдерживают проверки.

Вместе с тем (и в этом специфика медицинской биофизики) существует и опасность априорных физических оценок возможных эффектов. Например, часто от физиков приходится слышать: поскольку то или иное возмущение находится под уровнем kT (т. е. тепловых шумов системы), его влияние вряд ли обнаружимо. Здесь игнорируется тот факт, что биологическая среда и процессы, в ней протекающие, организованы гораздо более сложно, чем те конденсированные среды, с которыми физики привыкли сталкиваться в неживой природе. Кроме того, биологические системы способны селективно и усиливать возмущения с невиданной для неживых объектов эффективностью. На это весьма удачно обратил в свое время внимание Ф. Блох, по мысли которого весьма легко, разумеется, показать, что не должно существовать влияния магнитного поля на организм. Однако столь же легко показать, что и сила тяжести не должна проявляться в биологии, но ведь это не так.

Таким образом, необходим чистый, хорошо продуманный и тщательно поставленный эксперимент. Но хочу подчеркнуть, что трудности, возникающие перед исследователями, необычны для классических физических экспериментов с достаточно простыми (с нашей точки зрения) средами. С одной стороны, измеряя результаты взаимодействия некоторых элементарных



Анализатор глюкозы, работающий на иммобилизованной глюкозооксидазе, предназначен для экспресс-определения глюкозы в биологических объектах [сыворотка, плазма крови]. Время анализа — не более 30 с. объем пробы — 50—100 мкл. Производительность прибора — 40 образцов/ч. За время жизни иммобилизованного фермента [2—3 мес. при комнатной температуре] можно сделать 2—3 тыс. анализов.

структур организма с магнитным полем (изменения его физических характеристик, восприимчивости, биопотенциалов и других параметров), мы рискуем оставить за рамками рассмотрения все те сложные интегральные процессы, которые характеризуют способность всего организма селективно и усиливать первичные возмущения, вызванные магнитным полем. С другой стороны, исследуя реакцию целостного организма, мы получаем обычно большой статистический разброс данных, отражающий огромное разнообразие индивидуальных биохимических и биофизических параметров отдельных организмов.

Специалисты нашего института работают в этом направлении. Уже имеются некоторые теоретические и экспериментальные результаты. Однако мы еще весьма далеки от полного понимания магнитобиологических эффектов. Но, несмотря на это, уже сейчас существуют чисто инженерные решения, весьма полезные для практической медицины.

В хирургии для формирования шва полых органов успешно используются сдавливающие магнитные элементы. В биологическую систему можно искусственно вводить ферромагнетики, позволяющие осуществлять направленный транспорт лекарственных, управляя перемещением препара-

тов в организме с помощью внешних магнитов. Работы в этом направлении интенсивно развиваются.

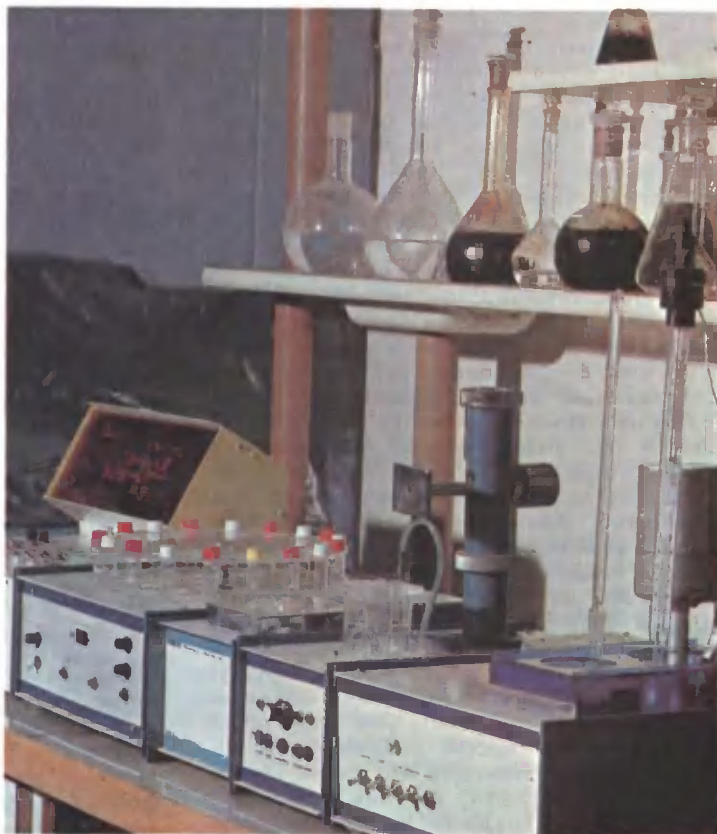
Корреспондент. Анализ проблем медицинской биофизики был бы далеко не полным без упоминания аспектов, связанных с биологическими испытаниями химических соединений и задачами современной фармакологии. Вы уже писали в нашем журнале об этих проблемах³. Нельзя ли кратко остановиться на применении методов медицинской биофизики к решению этих задач?

Л. А. Пирузян. Основная цель таких биологических испытаний — определение степени биологической опасности массива химических соединений и отбор тех из них, которые представляют интерес для науки и практики. В настоящее время известно несколько миллионов химических соединений, синтезированных или выделенных из природных источников. Но только для половины из них известна химическая структура и лишь для нескольких десятков тысяч соединений изучена биологическая активность, причем лишь по некоторым ее показателям.

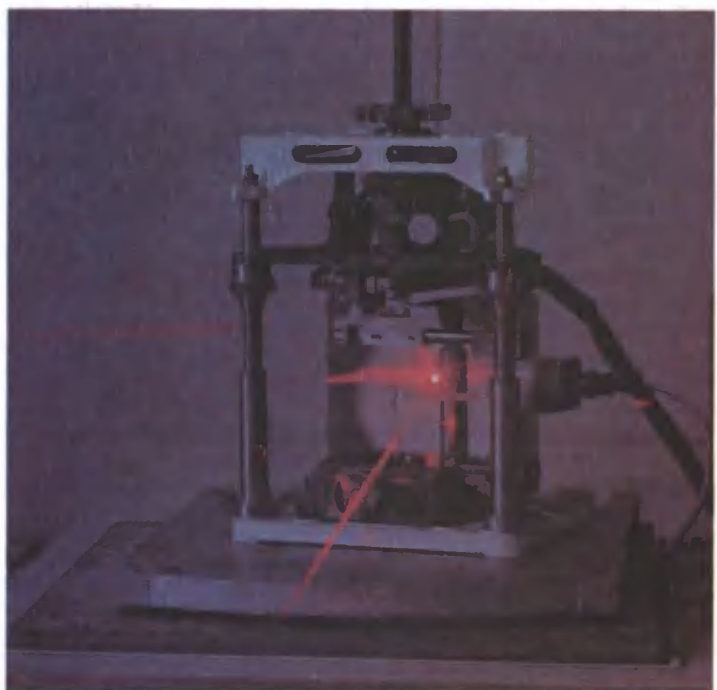
В то же время общеизвестно, что любое химическое соединение обладает биологической активностью. Примерно для

³ Пирузян Л. А., Маленков А. Г., Баренбойм Г. М. Химические аспекты деятельности человека и охрана природы. — Природа, 1980, № 3.

Макет автоматической поточной линии для предварительной быстрой оценки противогистаминных свойств различных фармакологических препаратов.



Установка для изучения механических характеристик любых биологических объектов на клеточно-тканевом уровне.



80% производимых в мире лекарств, 95% пищевых добавок, для 90% пестицидов неизвестна степень их мутагенности; 70% лекарств, находящихся в мировом арсенале, не проверены на канцерогенность. Таким образом, возникло серьезное противоречие между нашей способностью синтезировать новые химические соединения и нашим умением определять их биологическую активность. В тисках этих противоречий зажат организм человека.

Действительно, по данным мировой литературы, 10% всех существующих лекарств — потенциальные и неопознанные мутагены. В то же время количество вновь создаваемых, высокоэффективных препаратов непрерывно снижается. Причиной является все возрастающие требования, с одной стороны, к безопасности лекарств, с другой — к их эффективности. Вполне возможно, что высокоэффективные препараты уже находятся в том массиве химических соединений, которые еще не исследованы на биологическую активность, однако отсутствие испытательных систем высокой производительности, недостаточный уровень наших знаний о связи структуры и биологической активности соединений не позволяют оценить уже существующий гигантский массив соединений и непрерывно пополняющий его поток новых.

Таким образом, назрела острая необходимость в создании автоматизированной системы биологических испытаний, способной тестировать все новые химические соединения, создаваемые в стране, а также в кратчайший срок дать оценку биологической опасности всех лекарств, пищевых добавок и пестицидов, накопленных за всю историю цивилизации (по нашим оценкам, количество таких ксенобиотиков¹, с высокой вероятностью попадающих в организм человека, составляет около 10 тыс.). Пропускная способность такой системы должна быть очень высока, что практически полностью исключает работу на животных. Поэтому в разработке системы, созданной в нашем институте, ключевую роль сыграли идеи и методы медицинской биофизики.

Сейчас мне бы не хотелось подробнее останавливаться на устройстве этой системы, поскольку более интересным для темы нашей беседы является не та рутинная работа, которую выполняет система,

а те исследовательские возможности, которые она дает.

Так, в настоящее время мы подошли к возможности «конструировать» лекарственные и биологически активные вещества. (Хочу напомнить, что в традиционной фармакологии все лекарства создавались методом проб и ошибок.) Используемая нами информационно-логическая система — своего рода генератор идей для дальнейших исследований. Например, если с помощью кластерного анализа исследовать множество структур, обладающих каким-либо одним видом активности, то можно, с одной стороны, выявить известные ряды лекарств с упомянутой активностью, а с другой — структуры, иногда единичные, которые не попадают ни в какой класс. Что это за вещества? Если дело не в ошибке биологического эксперимента, то каждое такое соединение — «горячая точка», родоначальник нового ряда лекарств. Найти в этом ряду новые препараты можно, применив метод конструирования.

Другой пример. В банке данных информационно-логической системы, несомненно, имеется достаточно веществ, которые еще не испытывались на многие виды активности. У нас они считаются неактивными по данному виду. Однако при «обратном скрининге» (т. е. при получении прогноза на соединения, входящих в банк данных) они могут получить высокий прогноз по этому виду активности. У нас это называется «ошибкой второго рода». Что за ней стоит? Возможно, ошибка метода, а мы умеем отсеивать такие ошибки. Но это может быть и сигнал для испытания препарата на данный вид активности. При положительном результате находится новое назначение для уже известного лекарства или нежелательные ранее неизвестные побочные свойства у применяемого сейчас препарата.

Корреспондент. В последнее время интенсивно, обсуждается экологическая проблема, связанная с тем, что с лица Земли стали исчезать представители флоры и фауны, полезность которых, в частности, с точки зрения производства лекарственных препаратов, мы так и не успели понять. И вот здесь, как мне кажется, разрабатываемая в Вашем институте система может оказаться очень полезной. Она создала бы фундаментальную основу и для отсутствующей сейчас стратегии охраны окружающей среды с тем, чтобы определить направле-

¹ Подробнее об этом см.: Оксенгендер Г. И. Биотрансформация чужеродных веществ. — Природа, 1980, № 3.

ние наиболее эффективных вложений в этой области.

К сожалению, в рамках одной беседы невозможно даже кратко охарактеризовать все научные и практические аспекты медицинской биофизики. Закончить наш разговор мне бы хотелось вопросом: существует ли связь между медицинской биофизикой и фундаментальными концепциями о сущности живых систем?

Л. А. Пирузян. Такая связь существует. Если говорить об этом в узком утилитарном смысле, то, как я уже говорил, сама постановка медико-биофизических исследований невозможна без знания тех фундаментальных механизмов на разных уровнях организации живого, которые ответственны за тот или иной биологический эффект.

Хочу привести два примера. Первый связан с концепцией самоорганизации, лежащей в основе современной теории биологических процессов. В одном из наших исследований решалась конкретная практическая задача — синтез антиаритмиков, лекарственных препаратов, подавляющих сердечную аритмию. При изучении эффективности таких лекарств перед нами незамедлительно встал вопрос: как формируются периодические процессы, обуславливающие электрическую активность сердца? Исследуя нелинейные автоволновые механизмы подобных колебаний, мы были вынуждены изучить многие стороны процесса, который, по современным представлениям, лежит в основе всего живого.

Второй пример относится к работам нашего института, связанным с оптической изомерией биомолекул, которую еще Л. Пастер, а затем В. И. Вернадский считали важнейшим материальным признаком жизни. В течение ста лет эта проблема оставалась чисто теоретической и решение ее сводилось к попыткам объяснить загадку ее возникновения в ходе происхождения жизни⁵. Сейчас становится понятно, что у этой фундаментальной проблемы имеется очень важный практический аспект. Дело в том, что нарушение оптической чистоты — очень важный механизм, определяющий воздействие на организм окружающей среды; в свою очередь, эти нарушения связаны с разнообразными

патологическими состояниями. Таким образом, понять биофизические условия и биологическую организацию, ответственную за поддержание оптической чистоты биомолекул и ее нарушения, означает создать основу для решения таких практических задач, как новые методы диагностики, механизмы поражений, чистота лекарственных препаратов.

Этот список можно было бы продолжить, но я хочу сказать несколько слов об обратной связи — о той роли, которую медико-биологические исследования могут сыграть в создании научных принципов биологии. Веками в науке складывалась традиция, согласно которой основные фундаментальные закономерности материи, и в частности живой материи, можно получить, анализируя разнообразные множества объектов. Обычно биофизика, молекулярная биология, да и вообще биология, изучают только нормальные организмы и нормальные условия для жизнедеятельности. Однако это множество представляет собой лишь незначительную часть того разнообразия, которое характеризует жизнь.

Медицинская биофизика сделала объектом своих исследований не только норму жизнедеятельности, но и патологию, т. е. множество новых весьма разнообразных и резко отличающихся от нормы состояний. Взяв за объект своих исследований множество аномалий, возникающих в результате различных возмущений физической, химической и другой природы, она пытается разобраться в глубинных механизмах устойчивости жизнедеятельности по отношению к самым разнообразным воздействиям и отклонениям жизнедеятельности от нормы. Таким образом, медицинская биофизика дает в руки исследователей то не рассматривавшееся ранее богатое поле состояний и объектов, без анализа которого невозможно разобраться ни в условиях нормальной жизнедеятельности, ни, как мне кажется, в самой сущности жизни.

⁵ Морозов Л. Л. Несохраняющаяся четность в молекулярном мире организмов. — Природа, 1977, № 1.

Новое об энеолите Алтын-депе

В. М. Массон,
доктор исторических наук
Ленинград

В истории человечества особый интерес представляет один из узловых моментов развития — формирование раннеклассового общества. Это эпоха появления на земле городов, расцвета монументальной архитектуры, возникновения письменности, образования первых цивилизаций в собственном смысле этого слова.

Уникальную возможность изучения сложного комплекса факторов, определявших формирование цивилизации, предоставляет археологам древнейшее на территории СССР городище Алтын-депе. Оно расположено на юге Туркменской ССР

у с. Миана. Его изучение привело к выводу, что Алтын-депе было городским поселением, являвшимся центром местной цивилизации в эпоху бронзы (последней трети III — начала II тысячелетия до н.э.)¹. Установлено, что общая мощность культурных слоев этого памятника достигает 30 м. Это позволило высказать предположение, что развитие древней цивилизации городского типа здесь происходило постепенно от первых поселений ранних земледельцев. Новые раскопки, проведенные Каракумской экспедицией Ленинградского отделения Института археологии АН СССР и Южно-Туркменской археологической комплексной экспедицией АН Туркменской ССР в 1980—1981 гг., подтвердили это предположение. Действительно,

предпосылки древней цивилизации складывались здесь уже в медно-каменном веке, или энеолите (IV тысячелетие до н.э.).

Алтын-депе формируется как крупный центр на территории около 26 га уже во второй половине IV тысячелетия до н.э. Это было не просто беспорядочное скопление глинобитных домов, а поселение, имевшее внутреннюю планировку и, что особенно интересно, обводные стены, сложенные из сырцового кирпича. Толщина стен достигала 1,5—1,7 м. Снаружи они имели небольшие прямоугольные башни. В стенах были проходы шириной около 2 м, ведущие во внутренние улицы поселения, имевшие такую же ширину. Более широкий проезд, видимо, предназначавшийся для колесного транспорта, был вымощен булыжником. По мере разрушения и ветшания взамен старых возводились новые стены, причем строились они так, что нижняя часть более древней

Остатки обводной стены Алтын-депе эпохи энеолита (конец IV — начало III тысячелетия до н.э.).

¹ О работах археологов на Алтын-депе см.: Природа, 1969, № 3, с. 2—14; 1973, № 3, с. 114; 1975, № 3, с. 107—110.





Сосуд из мраморовидного известняка (конец IV тысячелетия до н. э.).



Расписная керамика (конец IV тысячелетия до н. э.).



Терракотовая статуэтка с изображением женщины (конец IV тысячелетия до н. э.).

стены служила для новой своего рода ступенчатым фундаментом. Южная часть, которая была обжита первой, с самого начала существования поселения имела обоидные стены, построенные по строгому фортификационному канону.

В отдельных местах удалось раскопать и строения, расположенные внутри этого обвода. Так, небольшой дом, занимавший площадь около 20 м², состоял из двух комнат. Рядом находились две погребальные камеры, представляющие собой невысокие квадратные в плане оградки из сырцового кирпича, перекрытые сверху глиняной обмазкой. В одной камере, по определению антрополога Т. П. Кияткиной, была погребена женщина 18—20 лет вместе с ребенком, в другой были обнаружены разрозненные останки подростка 9—10 лет. В последней камере находился и разнотипный погребальный инвентарь — 8 нарядных расписных сосудов, каменные бусы и две терракотовые статуэтки, изображающие сидящих женщин с налетными косами и сложными головными уборами, дополнительно прорисованные красной краской. Находки таких статуэток, а также их фрагментов довольно часты в энеолитических слоях Алтын-депе. На спине одной из таких статуэток налепом изображена ползущая змея, возможно, воспроизведенная как символ женского божества, образ которого передавала статуэтка. Особенно интересна статуэтка с процарапанными знаками, идентичными знакам, встречен-

ным на терракотах, происходящих из слоев последней трети III тысячелетия до н. э. Это один из признаков сохранения культурных традиций, преемственности в развитии местной культуры.

Во второй половине IV тысячелетия до н. э. в Алтын-депе получили значительное развитие различные производства, в том числе изготовление изящных сосудов, вытачивавшихся из мраморовидного известняка. Важную роль играла обработка металла. Медные изделия в виде небольших шильев и ножиц сравнительно редко встречаются при раскопках. Но новые данные о металлообработке дали трассологическое изучение каменных орудий труда, проведенное Г. Ф. Коробковой. Оказалось, что среди этих довольно грубых на вид инструментов многие были связаны именно с металлообработкой. Таковы различного рода рудодробилки, специальные молоты для измельчения руды, отбойники, а также оселки и абразивы, служившие для заточки и подправки медных орудий труда. Многочисленность каменных орудий для обработки руды в самом поселении указывает на то, что из мест добычи доставлялась и сама руда, а не только уже выплавленные слитки, как это предполагалось ранее.

Развитие разных видов производства, постепенно перерастающих в специализированные ремесла, было, таким образом, характерной чертой Алтын-депе в эпоху энеолита. Однако

в значительной мере это был прежде всего крупный центр земледельцев и скотоводов. Находки обугленных зерен показали, что возделывались в то время главным образом голозерный ячмень и карликовая пшеница, причем, по заключению З. В. Янушевича, высевались формы, приспособленные к условным орошениям. В составе стада (изучение остеологического материала проводилось Н. М. Ермоловой) преобладали мелкие рога́тый скот — овцы и козы. Предпочтение отдавалось овце. По-видимому, было развито отгонное скотоводство, издавна свойственное пустынным районам. Сравнительно редки находки костей свиньи, что подтверждает заключение о засушливом климате и пустынно-степном ландшафте, в условиях которого существовало это поселение. Подтверждает этот вывод и наличие значительного числа костей куланов и джейранов. Найдены кости волка, этого традиционного врага пастухов, и крупных собак, по типу и размерам близких среднеазиатской овчарке. Изображения таких собак на статуэтках указывает, что уже имела место практика обрезания ушей и хвостов, сохранявшаяся поныне.

Таким образом, уже во второй половине IV тысячелетия до н. э. Алтын-депе был крупным поселением с процветающими производствами и высокоразвитой культурой, превратившейся в последней трети III — начала II тысячелетия до н. э. в городское поселение — центр местной цивилизации бронзового века.

Минералы внутри вулканического стекла

В. В. Наседкин,
доктор геолого-минералогиче-
ских наук

Р. В. Боярская,
кандидат физико-математиче-
ских наук

Институт геологии рудных место-
рождений, геохимии и минерало-
гии АН СССР
Москва

Вулканическое стекло представляет собой застывшую на поверхности лаву. Образуется оно при сравнительно быстром охлаждении. Поэтому в стекле остаются законсервированными минералы и минеральные ассоциации, отражающие разные этапы существования магмы при ее движении из глубин Земли к поверхности. Кристаллы в стекле обычно имеют довольно крупные размеры и легко диагностируются с помощью обычного поляризационного микроскопа.

Другое дело — минералы в порых вулканического стекла. Обычно они не превышают 1—2 мкм. Поэтому до изобретения приборов, позволяющих видеть частицы размером в десятки долей микрона, об их существовании даже не подозревали. Среди этих минералов, или, как их еще называют, минералов-узников, встречаются очень редкие индивиды, исследуя которые можно получить интереснейшую информацию о распределении и формах существования в магме железа, цинка, хрома, ванадия, марганца, олова и многих других рудных элементов.

Для изучения минералов-узников мы воспользовались сканирующим электронным микроскопом, снабженным микроанализационной приставкой. Прибор позволяет не только видеть частицы размером менее 1 мкм, но и определять их состав. В этой статье мы приводим результаты

исследования двух пористых разновидностей вулканического стекла — обсидиана и перлита, образцы которых были отобраны нами из раннечетвертичного вулканического массива Арteni в Армении.

Обсидиан — это прозрачное в тонкой пластинке стекло со слабым дымчатым оттенком. В нем присутствуют поры размером 2—3 мкм и микроскопические поры — 1 мкм и меньше. И те, и другие распределены неравномерно. Форма пор круглая или эллипсоидная.

Внутри пор мы обнаружили минералы сферической формы. Исследовав их с помощью микроанализатора, мы установили повышенное для лавовых пород количество кремния, среднее количество алюминия и калия, малое количество кальция, железа и натрия. Данное соотношение элементов в стекле соответствует кислой вулканической породе — риолиту.

Среди сферических минералов-узников выделяются кальциевые и железистые разновидности. В кальциевых минералах обнаружено сера. По химическому составу они близки к весьма редкому минералу — ольдгамиту (CaS). В железистых минералах элементы-примеси не обнаружены. Судя по высокой интенсивности полосы железа в спектре этих минералов, можно предположить, что железо в них присутствует в самородном состоянии. Ольдгамит и самородное железо в порых свидетельствуют, что исходная магма, из которой кристаллизовались минералы-узники, обладала восстановительными свойствами.

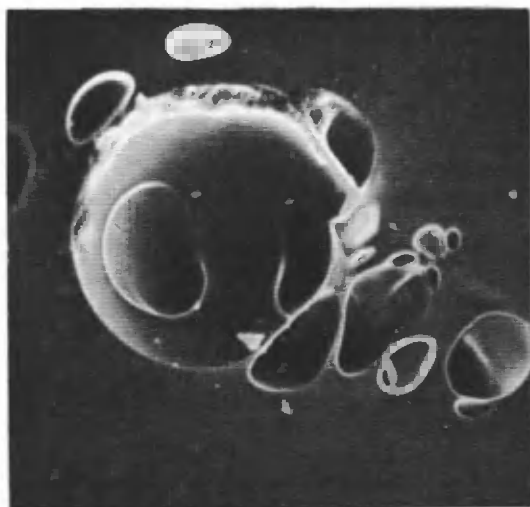
Кроме обсидиана мы исследовали перлит — вулканическое стекло, содержащее свыше 1% воды. Окраска буроватая. В пластинке толщиной 1—2 мм перлитовое стекло слабо просвечивает. Даже при небольшом увеличении хорошо видно, что оно не однородно: серое массивное стекло как бы погружено в розовую стекловатую

массу пористого стекла, в котором имеются сотовые и щелевидные поры, а также поры неправильной формы.

Щелевидные поры в перлите наиболее богаты минеральными включениями. В каждой из них находится от 1 до 5 кубических, сферических и додекаэдрических кристаллов. Размер кубических кристаллов не превышает 2—4 мкм. Судя по данным микроанализатора, в их состав входят катионы марганца и железа, соотношение которых соответствует некоторым разновидностям железо-марганцевого минерала якобита (MnFe_2O_4). Имеется и другая разновидность кубических кристаллов размером до 1—2 мкм. Им свойственно высокое содержание цинка, железа и марганца. Предположительно их можно отнести к цинковой шпинели. Сферические кристаллы внутри щелевидных пор не превышают в диаметре 1 мкм. Они содержат железо, титан и марганец. Условно мы отнесли их к магнетиту.

Сотовые поры устроены более сложно. Они представляют собой ряд ячеек и каверн, сообщающихся друг с другом с помощью трубчатых каналов. Внутри наиболее глубоких пор присутствуют мельчайшие друзы, образованные призматическими кристалликами. Длина этих минеральных индивидов 0,01—0,02 мм. Состоят они из кремния, калия, кальция и алюминия. Учитывая состав и форму призматических кристалликов, мы предположительно отнесли их к группе амфиболов. Сотовые поры особенно богаты шарообразными выделениями, буквально покрывающими стенки пор. Диаметр этих образований меняется от 10 мкм до 0,1 мм. Состоят они главным образом из кремния и в виде примеси содержат никель и калий.

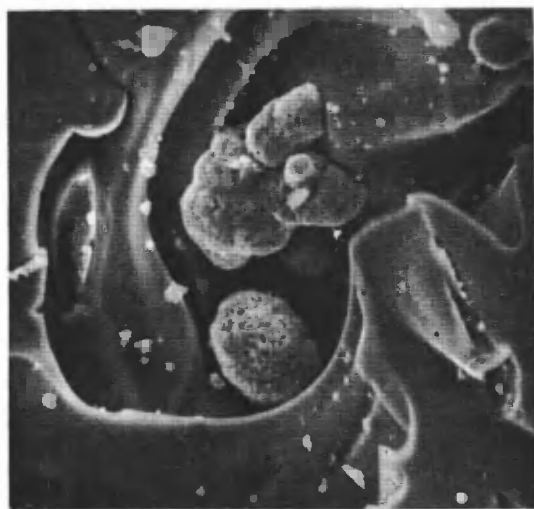
Даже из приведенного здесь самого общего описания видно, что ассоциация минералов-узников в перлите куда богаче и сложнее, чем в обсидиане.



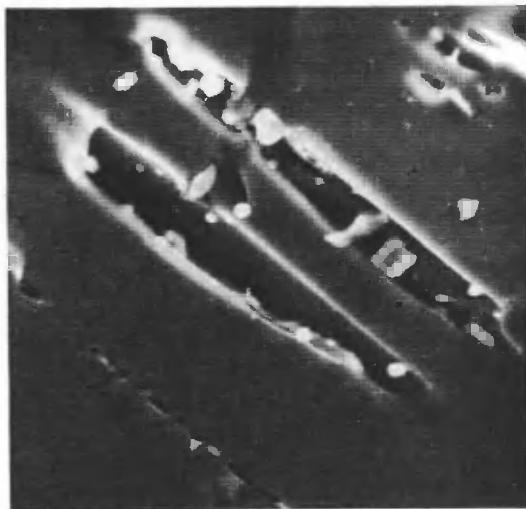
Замкнутые поры в обсидиане. Хорошо видно, что крупные поры образуются за счет слияния мелких. Увел. в 600 раз.



Друза кристаллов амфибола, выросшая внутри поры в перлите. Увел. в 4000 раз.



Сферические агрегаты с губчатой поверхностью внутри пор в перлите. Увел. в 1000 раз.



Щелевидные поры в перлите с кубическими и сферическими минералами-узниками. Увел. в 1500 раз.

Исследование границ между участками массивного и пористого стекла в перлите показало, что щелевидные поры возникли несколько раньше сотовых. Поэтому естественно предположить, что магнетит и шпинель образовались на самой начальной стадии формирования пор в вулканическом стекле, когда температура лавы была наиболее высокой. А кремнеземистый гель

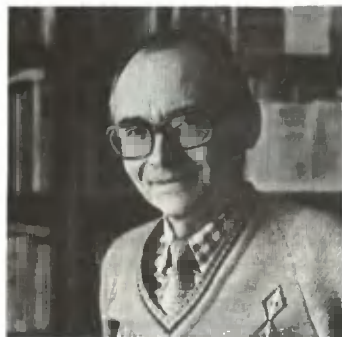
и амфибол кристаллизовались, видимо, уже в процессе остывания лавы.

Таким образом, исследовав состав минеральных включений в порах обсидиана и перлита, мы можем выделить высокотемпературный и низкотемпературный этапы образования минералов. С высокотемпературным этапом связана кристаллизация ольдгамита, металли-

ческого железа, цинковой и марганцевой шпинели, магнетита. С низкотемпературным этапом — кристаллизация амфибола и выпадение кремнекислого геля. Иными словами, минералы-узники поставляют нам косвенные данные о самой ранней стадии формирования месторождения, когда происходило отделение и концентрирование металла.

Красные покровы тропиков

В. В. Добровольский



Всеволод Всеволодович Добровольский, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геологии и геохимии ландшафтов Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина. Заслуженный деятель науки РСФСР. Специалист в области почвоведения, геохимии ландшафтов. Автор многочисленных научных и популярных работ по этим вопросам, в том числе: География почв. Изд. 2-е, 1976; Химия Земли. М., 1980; География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М., 1983. Неоднократно публиковался в «Природе».

Если бы потребовалось охарактеризовать тропики цветовой гаммой, то в первую очередь следовало бы назвать три цвета: голубой цвет неба, зеленый — растительности и красный — земли. Последний особенно устойчив в тропическом ландшафте. В сезоны дождей блекнет голубизна неба, в сухие сезоны желтеет саванна и теряют листву муссонные леса, но красный цвет тропической земли неизменно сохраняется во все сезоны года. Что же собой представляют эти красные глины и суглинки, толща которых покрывает около 40 млн км², или 1/4 современной суши? Получить ответ на этот вопрос не так легко, как может показаться на первый взгляд.

Мнения представителей разных наук на этот счет не совпадают. Геологи, изучающие их более ста лет, уверены в том, что имеют дело с осадочными породами. Почвоведы, в свою очередь, убеждены в том, что это почва. Между тем понять процессы формирования красноцветов немаловажно не только для эффективного использования земель и обеспечения продуктами питания растущего населения планеты, но и для геологических целей — нередко в этих покровых встречаются ценные полезные ископаемые. Вот почему более 20 лет автор этой статьи занимался проблемой красноцветов. Начало же их изу-

чения совпало с крупными достижениями в коллоидной химии и почвоведении в 20-х годах нашего столетия.

ГЕЛИ ИЛИ КРИСТАЛЛЫ?

В это время К.К.Гедройц (СССР), Г. Вигнер (Швейцария), С. Маттсон (Швеция) выявили важную роль коллоидных частиц в процессах сорбции — десорбции, протекающих в почве, что способствовало повышенному интересу геологов и почвоведов к коллоидному состоянию вещества на поверхности Земли. Главным методом исследования в почвоведении стал химический анализ, научно-технические возможности не позволяли различать строение минеральной частицы мельче 0,001—0,005 мм. Как нередко бывает в подобных случаях, роль коллоидов в природных процессах была переоценена. Многие ученые стали склоняться к мнению, что большая часть химических соединений, образовавшихся на поверхности Земли, — гели, аморфные сгустки, не имеющие кристаллического строения. Широкое распространение получили идеи австрийского минералога Ф. Корню о царстве гелей на поверхности нашей планеты в отличие от царства кристаллов в ее недрах. Таковы были представления в конце 20-х годов, когда не-



Красноцветные покровные отложения Кубы.

мечские почвоведы П. Фагелер и Г. Гаррасовиц предприняли попытку обобщить данные о тропических почвах Африки.

Почему именно Африки? Дело в том, что к этому времени учение В. В. Докучаева о зональности почв стало известно западным ученым. Огромная территория Африканского континента, пересекаемая посередине экватором, казалась идеальным примером для проявления почвенной зональности в тропиках. Принцип зональности, с одной стороны, и признание ведущей роли коллоидных процессов при выветривании и почвообразовании — с другой, послужили основой для следующих представлений.

Минеральная масса почв состоит из продуктов выветривания коренных пород — гипотетических аморфных гелей SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Повышение содержания одного компонента и уменьшение другого обусловлено соответственно процессами коагуляции и выпадения гелей или стабилизацией коллоидных растворов с последующим выносом с грунтовыми водами. В зависимости от интенсивности инсоляции и атмосферного увлажнения гели выпада-

ют на разной глубине, что отражается на неоднородном строении почвенного профиля. Например, в почве тропических лесов интенсивно выносятся все коллоиды, кроме оксидов железа и алюминия, которые быстро коагулируют. Благодаря этому близ поверхности постепенно образуется горизонт красных суглинков, состоящих из смеси гелей оксидов железа и алюминия. Ниже располагается горизонт белых глин, из которых кремнезем (SiO_2) еще не вынесен; еще ниже — горизонт слабо разложенной породы. Предполагалось, что при очень интенсивном промывании почвы на некоторой глубине обособляется горизонт конкреций или даже сплошная плита из аморфных Fe_2O_3 , Al_2O_3 . В саваннах под влиянием сильного иссушения коллоиды железа и алюминия частично выносятся с испаряющейся влагой и выпадают на поверхности почвы в виде плотной корки — латеритного панциря.

В силу того что количество осадков и интенсивность солнечной радиации изменяются закономерно, зонально, столь же закономерной должна быть смена почв. Исходя из этого, Х. Гаррасовиц построил теоретический меридиональный профиль от экватора до Сахары, на котором красные суглинки, латеритные панцири, белые глины рассматривались в качестве протя-

женных горизонтов, по-разному сочетавшихся в каждой широтной зоне и создававших здесь определенный тип почв.

Увязка положений коллоидной химии с зональными географическими условиями казалась очень логичной, и схема Гаррасовица — Фагелера долгое время, вплоть до 60-х годов, фигурировала во многих учебниках и научных монографиях. Однако дальнейшие исследования внесли весьма существенные коррективы в изложенные представления.

Применение рентгеноструктурного, термографического и других точных методов анализа для изучения красноцветных суглинков показало, что их «коллоидная» часть состоит не из смеси аморфных гелей SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , а из очень мелких, но с определенной кристаллической структурой минералов. Их образование нельзя объяснить законами коллоидной химии.

КРАСНЫЕ ПОКРОВЫ — САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Еще в 1939 г. английский химик-почвовед Дж. Милн обнаружил, что красные суглинки и латеритные панцири Африки гораздо старше современных почв. В 1954 г. немецкий почвовед В. Кубиена изучил в центре Сахары красноцветные образования, перекрытые молодыми базальтами. Таким образом, их никак уже нельзя было считать современными почвами. Наши исследования в тропической Африке показали, что белые глины, красноцветные отложения и современные почвы порождены разными процессами и их образование разделено во времени миллионами лет.

Хорошо сохранившиеся следы древнего этапа выветривания (гипергенеза) в Африке представлены остатками мощных каолиновых кор. Они образовались под воздействием медленно фильтровавшихся кислотных вод, выносивших растворенные соединения. Важными факторами древнего выветривания были обильное атмосферное увлажнение и устойчивые лесные биоценозы, поставлявшие большое количество органического вещества и предохранявшие рыхлую толщу от эрозии. Но главное условие образования мощной толщи продуктов выветривания — элювия, с несколькими хорошо выраженными, последовательно сменяющимися снизу вверх горизонтами, — огромное время, измеряемое миллионами лет. Конечным итогом длительного выветривания был предельно выщелоченный горизонт белого цвета, состоящий из каоли-

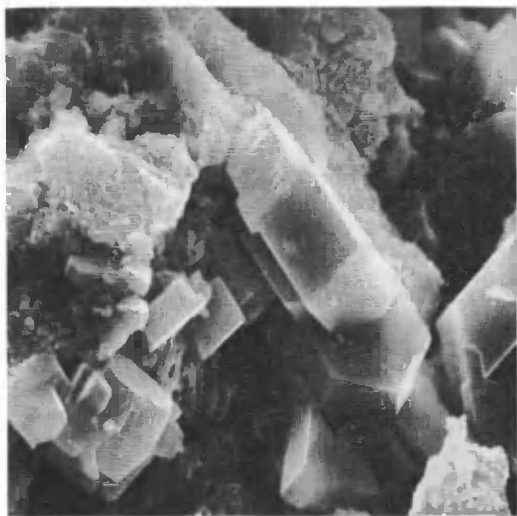
нита и остаточного корродированного кварца.

Древняя каолиновая кора приурочена к денудационной поверхности, образованной в верхнем мезозое. Согласно представлениям известного геоморфолога Л. Кинга (1967), эта поверхность была образована после расчленения суперматерики Гондваны на отдельные блоки, которые в ходе геологической истории приобрели очертания современных континентов. Аналогичные коры сохранились на других «обломках» Гандваны — в Южной Америке, Австралии, Индостане. В дальнейшем условия, способствующие образованию древних кор, были нарушены, а в конце палеогена они подверглись размыву. В рифтовых зонах Восточной Африки поверхность кор покрывалась базальтовыми и щелочными лавами раннемиоценового возраста.

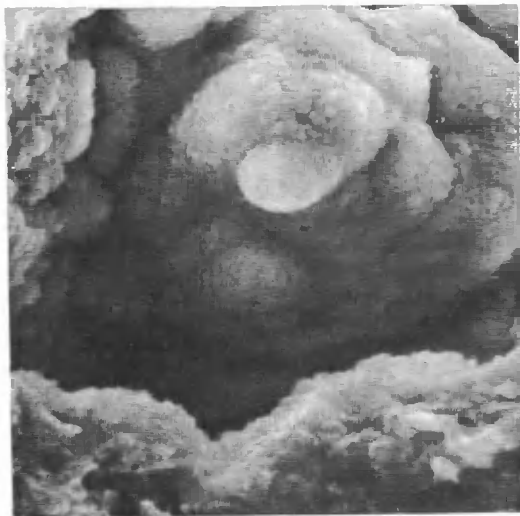
Примерно в это время характер гипергенных процессов в тропиках изменился вместе со всем комплексом природных условий. Длительное выветривание в стабильном тектоническом режиме под постоянно влажными тропическими лесами сменилось процессами, развивавшимися в условиях периодически дождливых и сухих сезонов. Активизировавшаяся тектоническая деятельность способствовала энергичной денудации. В этих условиях стали образовываться уже не мощные элювиальные (преимущественно каолиновые) коры, а перемещенные продукты выветривания, снесенные с места своего образования, но сохранившиеся на суше. Ярким примером такого типа коры выветривания служит толща красноцветных отложений, покрывающая огромную территорию тропической суши.

Мощность красноцветного элювия, как правило, невелика; гипергенный материал развивается по трещинам, скорлуповатым отдельностям лав и т. д. Будучи переотложенным, этот материал залегает на самых разных по возрасту и составу геологических образованиях, в том числе на денудированной древней коре, образуя эффектный контраст с белыми каолинами. В последнем случае четкая граница иногда маскируется в результате вымывания красноцветной массы по крупным порам и корневым ходам. По-видимому, это способствовало ошибочному представлению о едином профиле мощных тропических почв с белым, красным и переходным пятнистым горизонтом, на белом фоне которого выделяются многочисленные красные пятна.

Генетическое различие древней коры



Кристаллы гиббсита в порах красноцветных отложений. Четкие грани свидетельствуют о свободном росте кристаллов из водных растворов. Западная Куба. Увел. в 4,5 тыс. раз.



Отвердевшие образования железистооксидного геля в латеритном панцире. О-в Пинос. Увел. в 1,5 тыс. раз.

и покрывающих ее красноцветных отложений, которое не могло быть обнаружено посредством валовых химических анализов, вскрывается при минералого-геохимических исследованиях. Красноцветные отложения состоят из двух групп компонентов: частиц крупнее 0,001—0,005 мм и мельче. Первая группа представлена преимущественно обломками коренных пород и слагающих их минералов, вторая — гипергенными минералами, подвергшимися процессам выветривания. Каждая из этих групп несет ценную информацию.

Состав обломочной части красноцветных отложений свидетельствует об их значительно меньшей переработке, чем древней коры. Если в верхнем горизонте последней сохранились лишь самые устойчивые минералы (кварц, ильменит, циркон), то в красноцветной толще присутствуют, наряду с преобладающим кварцем, обломки полевых шпатов, амфиболов, пироксенов, эпидота, агрегата хлорита и чешуйки слюды. Состав обломочной части обнаруживает ясную связь с коренными породами, распространенными на значительной территории. Это, по-видимому, обусловлено многократным переотложением красноцветов в процессе формирования пологих склонов. Об этом же процессе свидетельствуют окатанные зерна кварца и прослойки сравнительно крупных обломков, встречающихся в толще красноцветных суглинков.

КРАСНЫЙ ЦВЕТ И ЖЕЛЕЗО

Давно известно, что железо — типоморфный элемент тропического гипергенеза. Строго говоря, типоморфное значение имеет не все железо, находящееся в красноцветах, а лишь та его часть, которая освободилась из кристаллических структур первичных минералов, но не вошла в состав вторичных, гипергенных силикатов. В каком же состоянии находится это «свободное» железо? Логично предположить, что оно присутствует в предельно окисленной форме в виде минералов гетита (FeOOH), гидрогетита ($\text{FeOOH} \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$), гематита (Fe_2O_3), гидрогематита ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$) и некоторых других.

Среди почвоведов до сих пор распространено заблуждение, что цвет почвы зависит от степени гидратированности оксидов железа: будто бы сильно гидратированные имеют желтую и бурую окраску, безводные — красную. Была даже предложена теория, объясняющая образование красного цвета необратимой дегидратацией коллоидов в жаркое время года, а процесс получил название рубефикации (А. Райфенберг, 1947). К сожалению, эта теория не могла объяснить, почему в одном районе, в одинаковых климатических условиях, на сходных формах рельефа и под однотипной растительностью одни почвы красные, другие — слегка красноватые, а третьи — вообще лишены такого оттенка.



Рыхлое строение перетолженных красноцветных суглинков. Кения.



Фрагмент термитинки, построенного из материала красноцветных покровных отложений. Кения.

В действительности цвет оксидных минералов железа вполне устойчив. Гетит и его гидратированная разновидность гидрогетит имеют желто-бурый цвет, гематит и гидрогематит — красный.

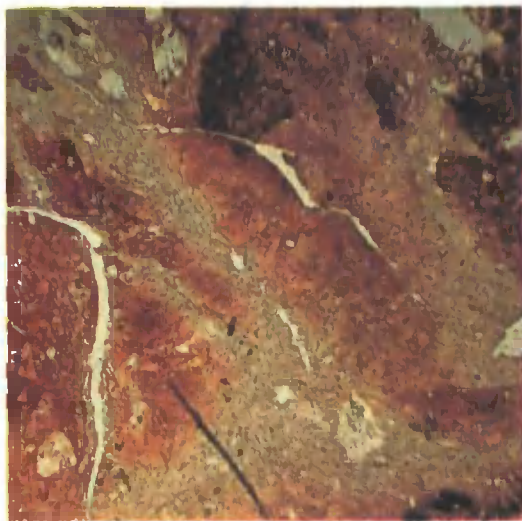
Наш глаз несовершенен: что одному кажется буро-красным, другому — красновато-коричневым. Объективное количественное определение цвета можно осуществить при помощи спектрофотометра. Измерения на этом приборе многих сотен образцов из разных стран позволили установить общие черты хроматической характеристики красноцветов. Все изученные образцы очень слабо отражают коротковолновую часть спектра, более 90% световых волн которой поглощается. Длинноволновая часть отражается значительно сильнее, она-то и определяет красный цвет отложений.

Окраска красноцветных отложений, несомненно, обусловлена особенностями их состава. Необходимо выяснить, какие компоненты служат хромофором (термин А. Е. Ферсмана), носителем цвета. Минералы группы оксидов железа присутствуют в виде мелких новообразований или обломков панцирей. Содержание их незначительно, и на окраску они существенно не влияют, что подтверждают результаты спектрофотометрического анализа фракций. В прозрачных шлифах, приготовленных из отложений без нарушения их естественного сложения, хорошо видно, что но-

ситель красного цвета — глинистое вещество.

Итак, окраска связана с высокодисперсной фазой отложений. В каком же состоянии находятся в ней оксиды железа? Для решения этой задачи мы привлекли кристаллооптику. Одно из важных свойств любого прозрачного вещества — скорость распространения в нем световых волн. Представление об этом дает величина светопреломления, являющаяся константой для каждого прозрачного минерала. Показатель светопреломления красного глинистого вещества, определенный нами в многочисленных препаратах под микроскопом иммерсионным методом, колеблется в пределах 1,580—1,610, редко повышаясь до 1,650. Это во много раз меньше величины светопреломления гидроксидов железа. Следовательно, окраска тропических красноцветов обусловлена не индивидуализированными минералами (гетитом, гематитом и пр.), а молекулами оксидов железа, закрепленными на поверхности мельчайших глинистых частиц.

Железо закреплено настолько прочно, что почти не извлекается из образцов при обработке их раствором серной или соляной кислоты. Полное извлечение происходит лишь в слабо восстановительной среде при экстракции по методу американских почвоведов-химиков О. Мера и М. Джексона. Красный цвет при этом совершенно исчезает, разница в поглощении

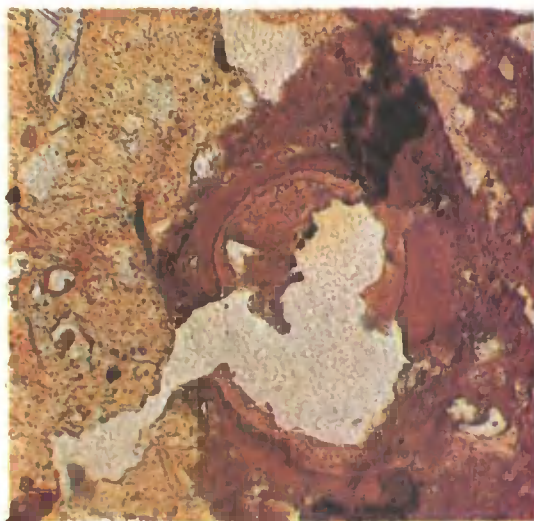


Начальная стадия оглеивания красноцветных отложений. Красная окраска сохранилась лишь на отдельных участках. Уганда. Увел. в 100 раз.

коротко- и длинноволновой части спектра сглаживается, и образцы приобретают светло-серый цвет. Такой цвет имеют в тропиках глины в понижениях, где вследствие высокого положения грунтовых вод не хватает кислорода и развиваются процессы оглеивания. Во всех других условиях красноцветные глины хорошо сохраняют свою окраску, несмотря на многократное переотложение.

Содержание окиси железа, связанной на поверхности глинистых частиц, обычно колеблется от 3 до 7% массы образца, что составляет 30—50% от всего количества железа, содержащегося в красноцветных покровах. Значительно больше связанной окиси железа (17—20%) имеется в своеобразных охристо-бурых переотложенных продуктах выветривания серпентинитов, которые широко распространены в восточной части Кубы и на о-ве Новая Каледония.

Результаты экспериментальных исследований позволяют предполагать, что для возникновения специфической окраски красноцветных отложений важное значение имела периодическая смена сухих и дождливых сезонов. В сезон дождей рыхлая толща насыщалась водой, создавался дефицит кислорода и небольшая часть железа приобретала подвижность. В сухое время года кислород присутствовал в избытке, железо окислялось и теряло подвижность. Периодическая смена окислительно-восста-



Натечные образования красных глинистых частиц, вынесенных из толщи покровных суглинков и смытых в древнюю каолиновую кору выветривания (так называемый горизонт пятнистых глин). Танзания. Увел. в 100 раз.

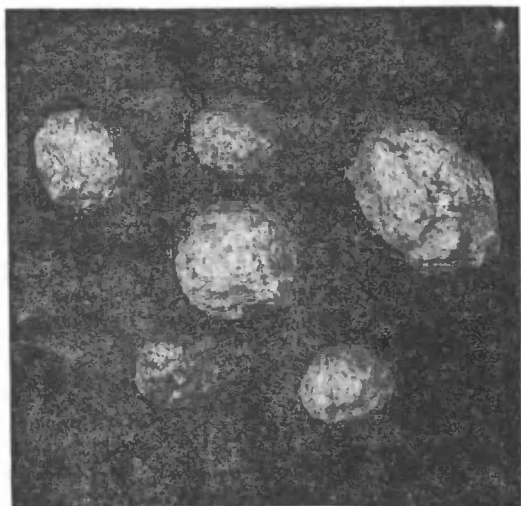
новительных условий, по-видимому, способствовала закреплению молекулярной окиси железа на огромной суммарной поверхности глинистых минералов.

ГЕОХИМИЯ МЕТАЛЛОВ

Кристаллическая структура главных породообразующих минералов при выветривании не разрушается, а определенным образом перестраивается. Основная часть алюминия при этом сохраняется в структуре гипергенных силикатов. Лишь некоторые минералы, например нефелин, разрушаются с освобождением Al_2O_3 . Поэтому свободной окиси алюминия в гипергенной толще меньше, чем окиси железа. Значительное количество глинозема (обычно 20—30% от массы) в красноцветных отложениях, установленное валовыми химическими анализами, объясняется большим содержанием глинистых минералов, а вовсе не гипотетическими гелями окиси алюминия.

Более того, гипергенные новообразования Al_2O_3 не обнаруживают никаких признаков коллоидного состояния. Свободные оксиды алюминия в тропических красноцветах представлены преимущественно хорошо образованными кристаллами гиббсита. Их величина редко превышает 0,01—0,02 мм.

При увеличении в несколько тысяч



Окатанные обломки разрушенных латеритных панцирей из красноцветных отложений Кубы. Натуральная величина.



Кристаллы гиббсита из горно-луговых почв Килиманджаро. Кения. Увел. в 2250 раз.

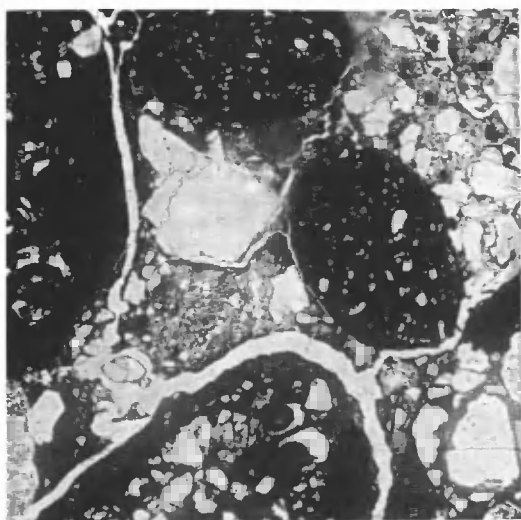
раз видно, что кристаллы гиббсита имеют псевдоромбоэдрический облик благодаря равномерному развитию граней форм $\{001\}$ и $\{010\}$. Реже встречаются псевдогексагональные кристаллы, таблитчатые по граням $\{001\}$. Встречаются двойники или параллельные сростания двух кристаллов. Хорошие кристаллы свидетельствуют, что гиббсит кристаллизовался из водных растворов, а не в густых гелях, как оксиды железа. Не случайно новообразования гидроксидов алюминия приурочены к участкам, где иссякали грунтовые воды: краям террас, карстовым воронкам и т. п. Обильные новообразования гиббсита свойственны красноцветным отложениям закарстованных районов, например Антильских о-вов — Ямайки, Гаити. При изменении кислотно-щелочных условий почвенно-грунтовые воды могли частично растворять кристаллы, что отразилось на их внешнем облике.

Рассеянные металлы — ванадий, кобальт, никель, медь, молибден, свинец и некоторые другие обычно не образуют самостоятельных минералов в красноцветных покровах, но ведут себя подобно железу. Во время насыщения рыхлой толщи водой они приобретают подвижность, а затем сорбируются на поверхности дисперсных частиц. В итоге они постепенно накапливаются.

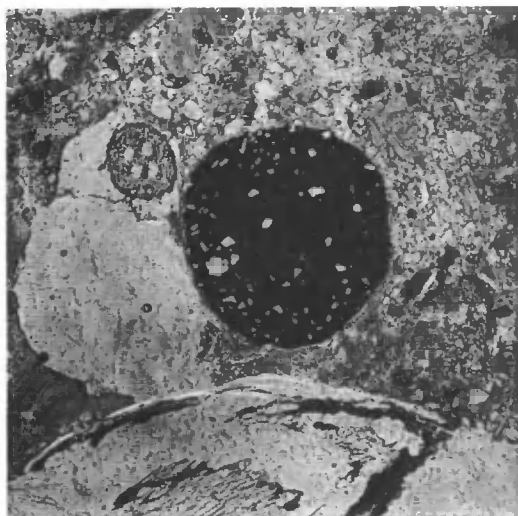
В сезоны тропических дождей можно

видеть, как низменные равнины превращаются в протяженные болота. С водой в них сносятся растворимые, преимущественно комплексные органические соединения железа и других металлов с обширной водосборной площади. То же самое происходило в неогене. С окончанием дождей сезонные болота высыхали, а железо осаждалось в форме гидроксидов. В таких ландшафтно-геохимических условиях, действительно, царили гели и происходили разнообразные коллоидные процессы. В дальнейшем гели быстро раскристаллизовывались, но многочисленные следы гелевого состояния прекрасно видны в полированных шлифах и еще лучше обнаруживаются при помощи растрового электронного микроскопа.

Огромная удельная поверхность гелей способствовала интенсивному сорбированию рассеянных металлов. Неудивительно, что именно в этих образованиях обнаружена наибольшая концентрация молибдена, кобальта, никеля и некоторых других элементов. В некоторых случаях, когда при выветривании коренных пород освобождалось большое количество алюминия или марганца, формировались не темно-бурые пласты гидроксидов железа, а красновато-желтые бокситы или скопления черного пиролюзита. При очередном тектоническом поднятии пластообразные аккумуляции оксидов железа выходили на по-



Окатанные обломки латеритных панцирей в красноцветных покровных отложениях. Слева — из Южной Танзании, справа — из отложений Краковско-Ченстоховского плато, Польша. Увел. в 70 раз.



верхность, еще больше отвердевали и превращались в прочные латеритные панцири.

В результате всех этих взаимосвязанных процессов концентрация многих металлов в красноцветных отложениях и неразрывно с ними связанных латеритных панцирях не только выше, чем в древних корах выветривания, но даже больше, чем в литосфере в целом.

ВЛИЯНИЕ ТЕКТониКИ

Красноцветный гипергенный комплекс повсеместно распространен на тектонически стабильных, платформенных участках тропической суши. Чтобы выяснить, отразилась ли напряженная тектоническая деятельность на формировании красноцветов, мы изучили их в Антильском геосинклинальном районе, на Кубе и о-ве Пинос.

С начала неогена Антильские о-ва были охвачены вертикальными движениями, которые сопровождались интенсивной денудацией с образованием серии поверхностей выравнивания. Одновременно шло формирование красноцветных покровов. Они залегают на породах различного состава и на разных геоморфологических уровнях. Интересно, что эти отложения сохранились на плоских вершинах мес и месет — останцах некогда протяженных плато. Ситуация весьма напоминает ту,

которая имеет место на древних континентах. Состав островных и континентальных красноцветов также весьма близок.

Наряду с общими чертами имеются и различия. Обращает на себя внимание отсутствие на Кубе значительных площадей, покрытых латеритными панцирями, что так характерно для тропических континентов. В то же время в красноцветных отложениях Кубы постоянно присутствуют хорошо окатанные обломки, состоящие из гидроксидов железа. Их диаметр от 0,05—0,1 мм до 2—3 см. Фракции отложений более 1 мм часто полностью состоят из таких окатышей. Земледельцы хорошо знали эти включения и дали им название *perdigon* (дробь — испанск.). Название имеет под собой историческую основу: во время англо-испанских войн при нехватке боеприпасов железистоокисные окатыши использовались в качестве картечи. Изучив микроморфологию, химический и микроэлементарный состав этих образований, мы установили, что это окатанные обломки разрушенных панцирей. Аналогичные явления встречаются также и на платформах, но не так широко распространены.

Сильная эрозия, обусловленная напряженной тектонической деятельностью, постоянно разрушала неоднократно формировавшиеся панцири. Согласно подсчетам американских почвоведов Х. Беннета и Р. Аллисона, участки с сохранившимися фрагментами панцирей составляют не более 4 тыс. км². На остальной территории они были разрушены, превращены в дробовидные окатанные обломки и в таком виде вошли в состав покровных красноцветных отложений Кубы.

КРАСНОЦВЕТНЫЕ ПОКРОВЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОЧВЫ

Фактам, свидетельствующим о разном возрасте отдельных частей тропической почвенно-гипергенной толщи, долгое время не уделяли должного внимания. Возможно, это связано с тем, что изучение тропических почв проводилось европейцами — жителями высоких широт. Под впечатлением пышной тропической растительности, обильных атмосферных осадков и высокой температуры воздуха на протяжении всего года у этих исследователей невольно сложилось впечатление, что вся гипергенная толща образовалась в результате современного почвообразования. Теперь мы знаем, что это не так.

Почва — результирующая многих факторов. Среди них один из главных — почвообразующие породы. Ими в тропиках служат преимущественно красноцветные отложения. Естественно, что особенности их строения и состава определяют многие важные свойства почв. Например, характерная черта тропических почв — их слабая погложительная способность, несмотря на высокое содержание глины. Это обусловлено тем, что в глине преобладают минералы типа несовершенного каолинита с очень низкой емкостью поглощения. Указанная особенность минералогического состава почв возникла не в процессе их формирования, а сохранилась от почвообразующей породы. Слабая сорбционная способность глинистых минералов усугубляется тем, что на их поверхности находятся прочно связанные гидроксиды железа. Наши эксперименты показали, что после удаления гидроксидов емкость поглощения значительно возрастает, иногда на 100%. Гидроксиды железа закрепленные на поверхности глинистых частиц, обуславливают окраску красноцветных отложений, которая хорошо сохраняется многими типами почв, сформированными на этих отложениях. Подчеркиваем, что красный цвет тропических почв не результат современных почвообразовательных процессов, а унаследован от почвообразующей породы.

Еще один пример. Известно, что во многих красных тропических почвах присутствует алюминий, доступный для растений. Это очень важно для нормального развития и успешного культивирования некоторых ценных растений, в первую очередь — чайного куста. Рассматриваемая особенность состава почв опять-таки унаследована от почвообразующей породы —

красноцветных отложений, в которых имеются сравнительно легкорастворимые свободные оксиды алюминия. Подобные примеры можно было бы продолжить.

В то же время формирование почвы происходит под воздействием биоклиматических условий и грунтовых вод, распределение которых регламентируется формами рельефа. Под влиянием этих факторов на однотипных красноцветных отложениях формируются разные типы почв. Тропические почвы, образованные под дождевым тропическим лесом и сухой саванной, различаются столь же сильно, как наши подзолы и черноземы.

Разнообразие физико-географических условий тропиков отразилось на большом количестве типов почв. Процессы, протекающие в одних типах, подавляют геохимические особенности почвообразующих пород и видоизменяют их. Например, в глеевых почвах происходит восстановление окисленного железа, красноцветы теряют свою яркую окраску и превращаются в серые суглинки. В почвах сухих саванн и зарослей кислая реакция красноцветных отложений нейтрализуется, накапливаются карбонаты кальция, а железо теряет подвижность.

В других типах почв процессы имеют ту же направленность, что и при формировании красноцветных отложений, свойства которых полностью сохраняются. Таковы ферраллитные почвы влажных тропических ландшафтов, которые унаследовали многие процессы, создававшие красноцветные отложения. Например, в условиях смены дождливых и сухих сезонов с количеством атмосферных осадков более 1500 мм/год в ферраллитной почве происходит мобилизация железа и алюминия, их миграция и аккумуляция так же, как это было несколько миллионов лет назад. Но нельзя забывать, что развитие этих процессов в современной почве облегчено и даже predetermined тем, что в почвообразующей породе — красноцветных суглинках — еще в неогене были образованы глинистые минералы с особыми свойствами и накоплены особые соединения железа и алюминия.

Мы не можем разделять взглядов французских почвоведов, которые не различают современную почву и древние образования, рассматривая всю гипергенную толщу тропиков как производное ферраллитизации — современного очень быстрого выветривания. С этих позиций красноцветные отложения приходится считать одним из горизонтов выветренной толщи, что не



Реликтовые красноцветные суглинки. Южная Болгария.

согласуется с фактами. По расчетам Ж. Обера и Н. Ленефа (1965), полная ферраллитизация метрового слоя гранита в условиях влажного леса Берега Слоновой Кости происходит за отрезок времени от 22 до 77 тыс. лет. Следовательно, красные суглинки, слагающие нижнюю часть ферраллитных почв, должны иметь верхнеплейстоценовый возраст. В действительности же красноцветные толщи имеют обычно нижнеплейстоценовый и плиоценовый, а иногда миоценовый возраст.

Красноцветные отложения и образованные из них почвы — явления столь же разного порядка, как лессовидные суглинки Русской равнины и сформированные на них черноземы. Естественно, что ареал верхнекайнозойских гипергенных образований не лимитируется современными климатическими условиями.

Красноцветные отложения в неогене

выходили далеко за пределы тропиков, но в начале плейстоцена их образование на внетропической территории быстро сократилось, а затем прекратилось полностью.

★

Рассмотренные в статье данные далеко не исчерпывают проблемы, связанной с красноцветными покровными отложениями. Эти отложения встречаются и за пределами тропиков, но уже не в виде сплошных протяженных покровов, а лишь на отдельных участках и обычно перекрыты лессами и суглинками четвертичного возраста. Изучение таких погребенных красноцветов — насущная задача палеогеографии. Учитывая геохимическое своеобразие красноцветов, в первую очередь высокую концентрацию тяжелых металлов, весьма актуальной представляется оценка экологического значения красноцветных покровов. Углубленная разработка этих проблем, несомненно, принесет много нового в теоретическом и практическом отношении.

Душа, открытая природе

Л. Э. Разгон

Москва

ДОМИК КАЙГОРОВОДА

Домик Кайгородова. Собственно, «домиком» он не был. А стоял на Институтском проезде обычный двухэтажный дом — не очень большой, но и совсем не маленький. И профессор Петербургского лесотехнического института Дмитрий Никифорович Кайгородов занимал не весь дом, а лишь нижний этаж. Но личность этого человека настолько была связана с этим домом, что более полувека для петербуржцев-петроградцев этот белый с подтеками, обычный петербургский дом назывался не иначе, как «домик Кайгородова». Даже сейчас, через шестьдесят лет после смерти его знаменитого жильца, во всех путеводителях он так и называется — «домиком»...

Каждое утро — в дождь или снег, в жару или холод — из дверей этого «домика» выходил высокий, стройный, с военной выправкой человек в очках, с небольшой раздвоенной седой бородой. На шее у него бинокль, в руке блокнот, к пуговице за ниточку привязан карандаш. Как рачительный хозяин, он первым делом обходил обширные местные сады, а затем направлялся в свое «святое-святых» — огромный парк Лесотехнического (Лесного) института.

Утренний обход Кайгородова был настолько привычен для всех окружающих, что воспринимался как нечто обычное и обязательное, почти как явление природы. И некий остряк, пародируя фенологические наблюдения профессора Лесного института, писал:

В грязи садов и огородов
Уж появился Кайгородов
— пришла весна...

Начало лекций еще нескоро, и можно вволю побродить по лесу, перелескам, рощам, лугам, оврагам — таким естественным куском природы, а не аккуратным произведением садово-паркового искусства

был, да и сейчас остается, этот парк. Продуманные ландшафты Павловска и Петергофа, по убеждению Кайгородова, не могли равняться по красоте с самым обычным среднерусским чернолесьем. Он писал: «Какой художник-декоратор сумел бы так красиво сгруппировать золотисто-желтые березы, то пурпурно-красные, то бледно-желтые осины, пунцовые рябины, ярко-желтые и румяные клены — и все это пересыпать разнообразной зеленью ясеня, ольхи, дуба...»¹

По этому лесу Кайгородов не просто гулял. Он внимательно всматривался в раскрывшийся цветок, в набухающие почки дерева, мог часами терпеливо наблюдать за птицей, сооружающей свое гнездо. И блокнот у него никогда не оставался чистым. Он его исписывал быстрым, разбежистым почерком, и содержание этого блокнота почти каждый день появлялось в петербургских газетах:

«18 марта прилетели грачи».

«21 марта прилетели полевые жаворонки и белые трясогузки».

«На грядках ботанического сада Лесного института цветет морозник».

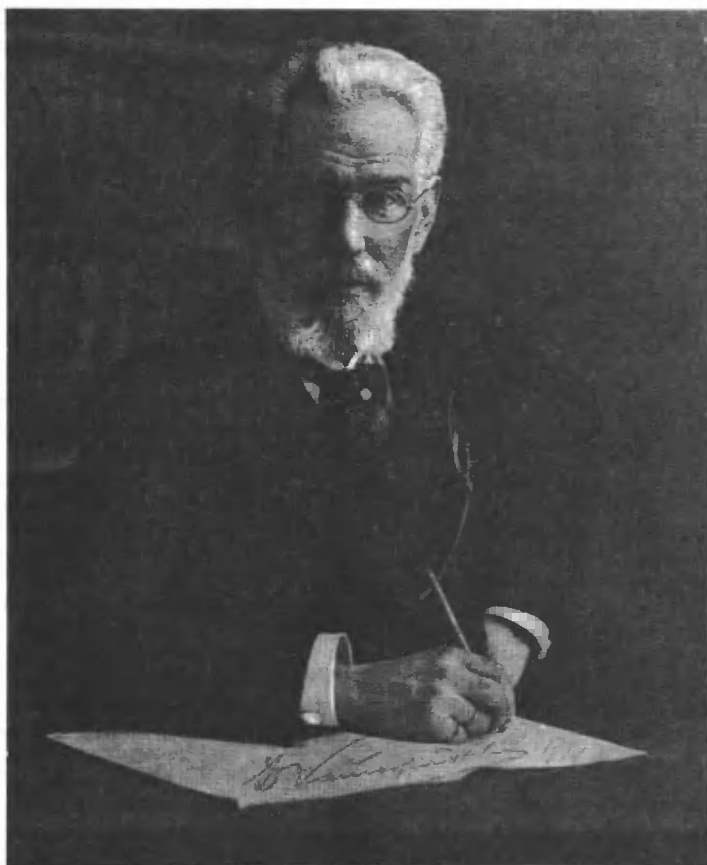
«На Неве показались чайки».

«Над Лесным тянулась вереница лебедей».

«В парке Лесного института второй день как гостят многочисленные стаи чечеток (сильно беловатых), в числе которых находится одна совершенно белая с черными только крыльями (маховые перья) и карминно-красной шапочкой — замечательная красавица!»

Петербургский читатель, а за ним и читатели всей России, узнавали, когда расцвели в окрестностях города голубые перелески, золотнички, медуница, волчье лыко, гусиный лук, болотная фиалка, белена, кошачья мята, скипидарник, змеевик... И

¹ Кайгородов Дм. Беседы о русском лесу. СПб, 1899, с. 114.



Дмитрий Никифорович КАЙГОРОДОВ
31.VIII (12.IX) 1846 — 11.II 1924

когда появились пеночки, мухоловки-пеструшки, желтые трясогузки, славка-смординовка, дрозды-рябинники, малиновка, горихвостка, овсянка, зяблики...

На первый взгляд, эти записи чудака-профессора казались самыми обыденными, к науке никого отношения не имеющими, простодушными. В них то и дело встречались фразы: «Нынешняя весна совсем как-кая-то бестолковая» или «Нынешняя весна была прекрасная — редкая для Петербурга!»

Но научное и практическое значение этих записей стало очевидным, когда Кайгородов их свел вместе и в 1899 г. выпустил книгу «Дневник петербургской весенней и осенней природы»²

Вот из нее стало ясно, что сделал чудаковатый профессор Лесного института: он установил целый ряд средних чисел вскрытия рек, прилета птиц, зацветания растений... Это было началом появления новой в России науки — фенологии. Первый «Дневник» охватывал десятилетие: 1888—1897 гг. Первая фенологическая работа Кайгородова содержала не только те бесхитростные записи, которые он публиковал в газетах. Там были точно вычисленные и расчерченные таблицы, из которых было видно, когда в Петербурге и его окрестностях появляются первые перелетные птицы, зацветают растения, начинается движение соков, когда слышен первый гром, появляется и первая ласточка, и первая летучая мышь... Словом, это был тщательно продуманный и мастерски исполненный календарь природы, календарь,

² Кайгородов Дм. Дневник Петербургской весенней и осенней природы. СПб, 1899, с. 3.

пригодный для всех. Как правило, Кайгородов всегда называл растения и птиц их народными названиями, но для тех, кого это интересовало, он приложил русско-латинский словарь, где все упомянутые им птицы и растения имели латинское и русское названия.

Свой фенологический труд Кайгородов адресовал самому широкому читателю. Не только охотникам и дачникам, но и тем городским людям, которым недоступна сезонная жизнь за городом, которые любят крохами зелени в городе. Именно для них Кайгородов и записывал в своем «Дневнике» такие «явления природы»: «В городе, в Екатерининском сквере зацвели крокусы» или «В Строгановском саду (на Черной речке) пролетели грачи». И недаром свою первую фенологическую книгу Кайгородов посвятил «согражданам-петербуржцам».

Кайгородов скромно оценивал свой труд. Он называл свои наблюдения «картинами из жизни природы». Но в его натуре отсутствовало жеманство и научное кокетство. И он, конечно, понимал цену тому, что делает. В «Предисловии» к «Дневнику» Кайгородов писал: «Думаю, что значение и интерес этой книги будет возрастать с годами; в особенности, если к ней, как к первому камню здания, будут прикладываться и последующие камни — через каждое десятилетие»³.

Составляя календарь природных явлений, профессор Лесного института сознавал, что его труд имеет не только научное, но и практическое значение, что собранные им сведения будут нужны метеорологам, строителям, агрономам. Но в этом же предисловии Кайгородов продолжал: «Склонен думать, что эта книга может найти себе читателей и среди любителей природы из «большой публики», так как она (т. е. книга) способна вызвать настроение».

Что же первый русский фенолог вкладывал в это странно выраженное понятие «настроение»? Радость. Естественное чувство радости, которое дает человеку общение с природой. Кайгородов называл это «чувством природа». В «Предисловии» к книге «Из родной природы»⁴ он писал: «Есть люди, которые рождаются с душой открытой к природе, точно так же, как рождаются люди с душой музыкальной, художественной, поэтической... Но в зародыше эти чувства присущи всякой душе

человеческой, и дело воспитания не дать им заглохнуть — развивать их и культивировать. Это — дело семьи и школы. Как и всякое другое чувство, чувство природы должно быть развиваемо в детях с самого раннего возраста; чем позже, тем это делается труднее».

О том, насколько в людях была сильна тяга к природе, желание развивать «чувство природы», можно судить по необыкновенному резонансу, который имели коротенькие записи, публикуемые в петербургских газетах. Интерес к ним был таков, что во многих русских городах газеты стали помещать наблюдения любителей природы, для которых Кайгородов и его фенологическая деятельность стали образцом. Кайгородову писали тысячи людей из всех губерний России. Одних постоянных корреспондентов, с которыми он переписывался, насчитывалось более 700... Почти 30 лет Дмитрий Никифорович вел эту переписку единолично. Он отвечал на все письма, вопросы, исправлял ошибки, давал советы, обращал внимание своих корреспондентов на те «мелочи», которые, собственно, и составляют наблюдения.

И фенологические наблюдения Кайгорова перешагнули за пределы Петербурга и Петербургской губернии. В 1900 г. он выпустил специальную листовку, адресованную всем русским «наблюдателям природы». Кайгородов обращался к ним «с покорнейшей просьбой не отказать в присылке своевременных сообщений о появлении первых перелетных птиц, цветении первого весеннего цветка, вскрытии местных рек, первого крика перепела, первого кукования кукушки...»⁵ Он просил о точности и достоверности этих сведений, о точном адресе и фамилии корреспондента и предупреждал: «Анонимные сообщения, как незаслуживающие доверия, уничтожаются непрочитанными...»

Удивительно живучим оказалось дело, которое начал молодой еще профессор Лесного института. Многие природоведы, педагоги, уже не говоря о школьниках, и не подозревают, что школьные экскурсии в лес и луга, «фото-охота», природоведческие наблюдения и «этюды», без которых не обходится сейчас почти ни одна газета, что все это пошло от Кайгорова. И он заслуживает, чтобы память о нем была сохранена людьми, для которых он работал.

³ Там же.

⁴ Кайгородов Дм. Из родной природы. Вологда, 1921, с. 4.

⁵ Кайгородов Дм. К наблюдателям природы. СПб, 1900, с. 5.

ДОЛГАЯ ЖИЗНЬ

Дмитрий Никифорович Кайгородов прожил долгую жизнь. Она началась во времена царствования Николая I, а окончилась через семь лет после Великой Октябрьской социалистической революции. Родился он 31 августа (12 сентября) 1846 г. в Полоцке в семье преподавателя Полоцкого кадетского корпуса. Здания кадетского корпуса, включая и дом, где жили преподаватели, находились на окраине маленького городка, куда подступали огромные сады, а за ними и необъятные леса. Кайгородов часто вспоминал большой запущенный сад, в котором прошло его детство. «Этот сад был колыбелью моей любви к цветам, деревьям, птицам — ко всей природе, любви, доставившей мне столько радости и столько светлых дней в моей жизни».⁶ И склонности молодого Кайгородова определились очень рано. В домашней библиотеке и большой библиотеке кадетского корпуса он брал главным образом книги о природе, и книги Альфреда Брема с детства и на всю жизнь стали любимыми книгами будущего ученого.

Но начало жизни Кайгородова было чрезвычайно далеким от того, что потом станет главным делом его жизни. Сын преподавателя кадетского корпуса, он поступил учиться в этот корпус, окончил его, затем закончил школу военных техников и в 19 лет стал поручиком и служил в артиллерийской части, находившейся в Люблинской губернии. Молодой офицер не был строевиком, он заведовал снарядным хозяйством, и эти занятия оставляли много свободного времени. Кайгородов это время использовал на то, что больше всего любил: чтобы бродить по лесам и болотам, высматривая все, что было ему интересно. А интересно ему было все... Конечно, первое время он, отдавая дань традициям, охотился и был охотником удачным, но скоро Кайгородов — как он потом написал в своей автобиографии — «продолжал знакомиться с миром птиц преимущественно уже при помощи бинокля (стрелять стало жалко)».⁷

В части Кайгородов служил недолго. Его, как специалиста-пороховщика, перевели на работу на Охтенский казенный пороховой завод, на далекой окраине Петербурга. По специфическим условиям работы

(из-за боязни катастрофических взрывов) завод представлял из себя множество небольших фабричных зданий, разбросанных на огромной территории лесопарка по обоим берегам реки Охты. Работа Кайгородова, как и других офицеров-инженеров, была необременительной. Изготовление пороха в те времена носило сезонный характер, работа в цехах шла лишь с апреля по сентябрь, а остальное время было для Кайгородова фактически совершенно свободным. Да и работа дежурного офицера-пороховщика состояла в том, чтобы обходить «фабрики», наблюдая за работой. И он ежедневно вышагивал по огромному лесопарку многие десятки километров. И совсем не офицерский вид имел Кайгородов с биноклем на шее, с ботанизированной подмышкой, с карманами, набитыми баночками для сбора насекомых...

Очень скоро поручику Кайгородову стало очевидно, что в его работе ему больше всего важны и интересны не «фабрики», которые он обходил, а леса и болота, среди которых они расположились. Кайгородову было 23 года, когда он, не оставляя службы, поступил вольнослушателем в Земледельческий институт, вскоре преобразованный в Лесной. Военно-техническую школу Кайгородов окончил как химик, и поэтому легче всего ему было поступить на технологическое отделение.

Удивительно умел планировать свое время этот человек! Он числился офицером, служил на казенном заводе, был вольнослушателем института и при всем этом ухитрялся по-прежнему заниматься тем, что больше всего любил — наблюдениями за природой: за всеми проявлениями сложной, красивой, необыкновенной жизни, разворачивающейся здесь рядом, на глазах у всех и каждого.

Не следует представлять себе этого несколько странного офицера любителем одиноких прогулок, избегающим людей. Напротив, Кайгородов искал и находил товарищей по увлеченности природой. Впоследствии он вспоминал: «Расширению знакомства с местной орнитофауной немало способствовало сближение с одним из заводских рабочих, опытным птицеловом, с которым провел немало поучительных часов, участвуя в его птицеловных экскурсиях».⁸ И в записях, которые он делал в своей записной книжке, а потом переписывал в толстые тетради, заносились не только личные наблюдения, но и рассказы людей,

⁶ Памяти Д. Н. Кайгородова. Л., 1925, с. 26.

⁷ Там же, с. 27.

⁸ Там же.



Домик Кайгородова. Снимок 1967 г.

охотников, собирателей грибов, любителей растений и птиц — всех, с кем он общался.

В 1872 г. штабс-капитан Кайгородов кончает Лесной институт, защищает диссертацию и получает ученую степень кандидата сельского хозяйства и лесоводства. И сразу же расстается с военным мундиром и навсегда определяет свой дальнейший жизненный путь. Способности и наклонности ни на кого не похожего офицера-студента были настолько выражены, что руководство института оставляет его для преподавательской деятельности и дает ему — как это полагалось — двухгодичную заграничную командировку — для совершенствования. Осенью 1875 г. Кайгородов получает кафедру лесной технологии, а затем и лесного инженерного искусства в Лесном институте. Эту кафедру он занимал 30 лет, до 1905 г.

Как профессор Лесного института, Кайгородов всю жизнь занимался тем, как лучше, производительнее рубить лес и использовать его в хозяйстве. Он учил своих студентов заготавливать древесину, вывозить и сплавлять ее, превращать тот живой лес, который так страстно любил, в доски, смолу, деготь, уксусную кислоту. И Кайгородов был очень хорошим специалистом. Изобрел прибор для определения твердости древесины, составил таблицы для измерения качества леса, написал

«Лесотоварный словарь»⁹, которым пользовалось несколько поколений специалистов.

Как же сочеталось в нем такое утилитарное отношение к лесу с почти благоговейным отношением к нему как к неиссякаемому источнику радости. В «Полном перечне научных и популярных трудов»¹⁰, составленном Дмитрием Никифоровичем в 1923 г., за год до смерти, под № 1 значится его диссертация «О добытии уксусной кислоты как предмета мелкой заводской промышленности», защищенная им в 1872 г., а под № 2 была популярная лекция «О цветке как источнике наслаждения», прочитанная им на Охтенском заводе в том же 1872 г...

Нет, Кайгородов вовсе не был таким сентиментальным «любителем природы», для которого лес лишь место для прогулок. Он знал, что лес необходим людям для их жизни. И любил лес не только за его красоту, но и за великую для человека пользу.

Кайгородов был одним из самых активных, самых авторитетных и, я бы ска-

⁹ Ткаченко М. Е. Д. Н. Кайгородов. Л., 1925, с. 32.

¹⁰ Там же.

НАЗВАНИЕ (в порядке цветения)	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июн.	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
1. Орешник*) (лещина)												
2. Ольха бѣлая*)												
3. Волче лыко.												
4. Ива - Бредина.												
5. Осина*) (дрожавый тополь)												
6. Ильмовыя породы. (ива, ильм, берест)												
7. Лиственница (европейск и сибирская)												
8. Береза*)												
9. Кленъ остролиственный.												
10. Кленъ полевой.												
11. Черника.												
12. Ива - Ветла.												
13. Букъ.												
14. Грабъ.												
15. Бузина красная.												
16. Ясень.												
17. Черемуха.												
18. Каштанъ конскій.												
19. Дубъ лѣтній*)												
20. Сирень.												
	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июн.	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.



Время цвѣтѣнія.

Начало { облиственія.
охвоенія.Полное { облиственіе
охвоеніе

НАЗВАНИЯ (и, порядок цвѣтання.)	Янв.	Февр.	Мартъ	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
21. Рябина.												
22. Крушина слабительн. (жостеръ.)												
23. Бруслика.												
24. Яблоня дикая и груша												
25. Боярышникъ.												
26. Орѣхъ.												
27. Барбарисъ.												
28. Крушина ломкая.												
29. Сосна.)												
30. Ель.												
31. Пихта сибирская.												
32. Можжевельникъ.)												
33. Калина.												
34. Яворъ.												
35. Кленъ татарскій.												
36. Акація бѣлая.												
37. Шиповникъ.												
38. Бузина черная.												
39. Липа мелколистная.)												
40. Верескъ.)												
	Янв.	Февр.	Мартъ	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.



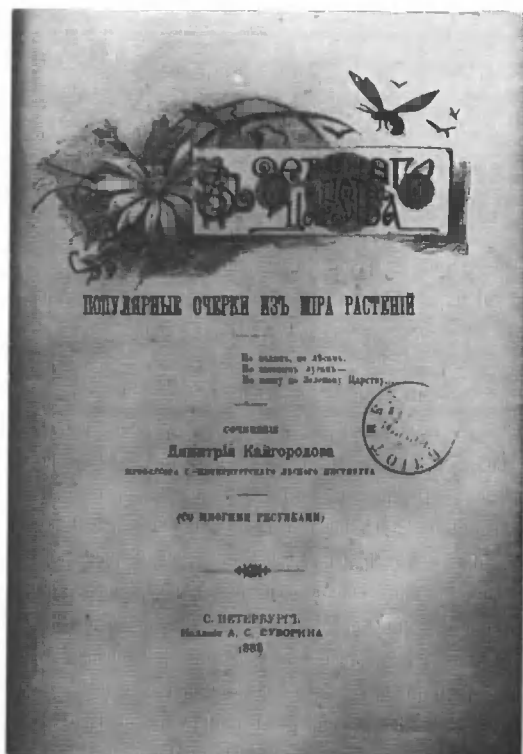
Опаданіе {
листьевъ
хвоя.



Созрѣваніе {
сѣмянъ.
плодовъ.



Сборъ {
сѣмянъ.
плодовъ.



Титульный лист и обложки некоторых книг Д. Н. Кайгородова.

зал, шумных защитников русского леса. А лес в России во второй половине прошлого века уже очень нуждался в защите. Его хищнически вырубали лесоторговцы, скупавшие лес у разоряющихся помещиков. Когда в 1882 г. в Москве собрался первый в России Съезд лесохозяев, Кайгородов направил съезду специальный доклад. В нем он, обращаясь к хозяевам русского леса, писал: «Какие можно было бы рекомендовать правительству меры, немедленное принятие которых могло бы хоть отчасти задержать быстрый ход лесоистребления и хотя отчасти отавратить те бедственные последствия, которыми он угрожает благосостоянию России»¹¹. Доклад был выслушан, напечатан в «Трудах» съезда и, конечно, никакого воздействия на владельцев лесов и лесопромышленников не оказал.

С тем большей энергией Кайгородов старался объединить усилия тех людей,



которые не были ни хозяевами леса, ни его пользователями, но бескорыстно любили и ценили его. И нет ничего удивительного, что зенитом деятельности Кайгородова-натуралиста, исследователя природы и ее защитника стали годы, когда в России леса стали общенародной собственностью, — годы, которые он прожил при Советской власти. Он стал одним из руководителей созданного им «Русского общества любителей мирозведения», в состав которого входил и фенологический отдел, получивший впоследствии имя Кайгородова. Выпускались листовки, энтузиасты-общественники отвечали на письма, которые тучей шли по адресу: Ленинград, улица Халтурина, 5, комната 19, для «Кайгородовской комиссии». Уже за первые пять лет отдел приобрел более двух тысяч корреспондентов. Стали создаваться местные фенологические организации на Украине, Дальнем Востоке, в Белоруссии, Татарии, Средней Азии, в центральных губерниях. В этих отделениях состояло более 1500 активных любителей фенологии, и это были люди не «числившиеся».

Но «Кайгородская комиссия» уже работала без своего основателя, Дмитрий Никифорович Кайгородов умер 11 февраля

¹¹ Кайгородов Дм. На разные темы. СПб, 1906, с. 187.



ля 1924 г. на 78-м году жизни. Его похоронили в том самом лесопарке Лесного института, который полвека служил ему главным местом работы, увлечений, радости. Через пять лет после смерти Кайгородова, в мае 1929 г., было разрешено Комиссии по увековечению памяти Кайгородова провести общественный сбор по подписным листам среди любителей природы и фенологов на памятник и издание его трудов. Стоит на его могиле простое величественное надгробье, висит на «домике Кайгородова» мемориальная доска, но не эти скромные знаки внимания и памяти определяют место, занимаемое Кайгородовым в русской науке, в жизни тех поколений, которые родились уже после смерти автора «Бесед о русском лесе»¹².

ПОПУЛЯРИЗАТОР

Кайгородов не был «кабинетным» человеком ни в науке, ни в своей деятельности популяризатора. Ему требовалось постоян-

ное общение с людьми, он свои книги не столько писал, сколько «наговаривал» перед обширными аудиториями. В этом смысле Кайгородов принадлежит к таким гигантам научной популяризации, как К. А. Тимирязев или А. Е. Ферсман, чьи знаменитые книги рождались сначала как лекции.

Свою первую популярную лекцию «Цветок как источник наслаждения» Кайгородов прочел, когда ему было 26 лет перед «Кружком любителей просвещения», созданном им из рабочих и служащих Охтенского порохового завода. А первая большая и, вероятно, самая значительная популярная книга Кайгородова «Беседы о русском лесе» составила из лекций, прочитанных им в Большой народной аудитории Педагогического музея. Эта просветительная организация, находившаяся в Соляном городке, была известна всему рабочему Петербургу. Со своими лекциями о лесе Кайгородов выступал много десятков раз перед самыми разными аудиториями. В публичной аудитории он проверял доходчивость лекций, дополняя их после вопросов слушателей, прежде чем опубликовать в печати. Для Кайгородова не было вопро-

¹² Кайгородов Дм. Беседы о русском лесе...

са, кого ему просвещать, к кому обращаться за защитой леса и лесной фауны. Он уже отчетливо понимал, что совершенно бесполезно тревожить совесть и сознание лесопромышленников или тех чиновников, которым положено было блюсти лесопользование. На школьников возлагал надежды профессор Лесного института, на школьников и тех, кто их учит. Вот почему почти все годы Кайгородов печатал свои «беседы» в детских журналах: «Семейные вечера», «Родник», «Игрушечка», или же в педагогических журналах: «Воспитание и обучение», «Русская школа», «Школьный хутор».

А кроме своих лекций-«бесед», Кайгородов писал множество статей и заметок, которые печатал в газетах — главным образом в «Новом времени» — и в журналах — по преимуществу в «Мире божьем». Содержанием этих статей была страстная защита птиц от массового уничтожения, которое им угрожало. Как и вся природа, птичий мир казался людям неистощимым. Певчих и красивых птиц охотники подстреливали так, «для практики», их уничтожали из озорства городские и деревенские мальчишки, за большими и красивыми птицами охотились профессионалы: в моде были шляпки и дамские боа из птичьих перьев. Одни заголовки статей Кайгородова говорили о наcale, с которыми они писались: «Пожалейте зимой птичек!», «В защиту аистов», «В защиту щеглов», «Птицы и дамы»...

Популярные книги Кайгородова о растениях и птицах занимали очень видное место среди большого количества научно-популярных книг, выходивших в России. Они выпускались издательством Девриена, специализировавшегося на издании книг для детей; такими большими издательствами, как издательства Сытина, Поповой, Суворина. Книги «Беседы о русском лесе», «Из зеленого царства», «Из царства пернатых», «Из родной природы» и другие переиздавались в Москве, Вятке и других городах. Об успехе этих книг у читателей достаточно говорит то, что до революции «Беседы о русском лесе» вышли восемь раз, «О наших перелетных птицах» — десять раз. В первые годы Советской власти книги Кайгородова издавались в Петрограде, Москве, даже в провинциальной Вологде. И радостный детский праздник «День птиц», который начал проводиться в нашей стране в начале 20-х годов, в большой мере был вызван к жизни страстным и громким голосом Кайгородова.

Не следует представлять Кайгородова лишь поэтическим «певцом природы», как его часто называли. Почти все свои «беседы» он начинает с той пользы, которую приносит людям лес — «это прекрасное и полезное создание природы». Недаром их автор был профессором лесной технологии. Кайгородов перечисляет все, что дерево дает людям: материал для жизни, дрова для отопления, все, на чем человек сидит, спит, ездит, плавает... Дерево — это газеты и книги, это школьные тетради, это лекарства, это продукты нашего питания — фрукты, орехи...

Он всячески старался подчеркнуть практическое значения леса, так же как и в своих фенологических наблюдениях стремился доказать, что они могут помочь хозяйственной деятельности человека: прилет белых трясогузок означает начало вскрытия рек; массовый прилет кукушек говорит, что пора весенних заморозков миновала и наступило прочное тепло; с прилетом деревенских ласточек можно смело начинать сев яровых...

Конечно, Кайгородов не мог предвидеть, что люди из дерева научатся делать ткани, сахар, спирт, дрожжи... Нам сейчас кажется наивным рассказ автора «Русского леса» о таких важных отраслях лесного хозяйства, как производство мочалы, рожек, лыка. Но во времена Кайгородова в лыковые лапти обувались миллионы русских людей. Рассказывая об этом, Кайгородов не мог с грустью не сказать, что для лыка на одну пару лаптей нужно ободать три липовых дерева 4—6-летнего возраста.

Профессор лесной технологии старался показать необыкновенный диапазон возможностей древесины — от ложек и игрушек, вырезаемых из мягкой пластичной липы, до дубовых или лиственничных свай, на которых до сих пор непоколебимо стоят дворцы Ленинграда. Он не забывает упомянуть, что в Зимнем дворце все оконные рамы изготовлены из сибирской лиственницы. И с гордостью пишет, что когда в 1868 г. на Дунае обнаружили сваи моста, построенного римлянами во времена Трояны, то выяснилось, что сваи эти были сделаны из лиственницы и дуба и через много веков пребывания в воде не было ни малейших признаков порчи, они были так тверды, что о них крошились токарные инструменты.

Кайгородов писал свои «Беседы» в XIX в., когда изделия из дерева были широко распространены и обычны в каждом доме. И все же он никогда не забывал объяснить, что означают такие термины,

которые могут быть неизвестны многим городским жителям. Если упоминается слово «обычайка», то поясняется, что обычайкой называется плоский широкий обруч, на который натягивается ткань сита или решета; «клепка» — небольшие дощечки для изготовления ведер, лоханей, ушатов; «гонт» — дощечка для покрытия крыш...

И все же в книгах о природе главное внимание автора уделено не тому, что можно из дерева изготовить, а совсем другому и — по мнению Кайгородова — неизмеримо более важному: объяснению, что дает человеку общение с природой, какой великой воспитывающей и облагораживающей силой является природа для человека. Ибо природа — главный источник красоты и радости. Кайгородов-технолог всячески расхваливает высокое качество древесины лиственницы — дерева, к которому промышленники относились без всякой симпатии, ибо ее трудно было рубить и сплавлять. Но в «беседе» о лиственнице мы вдруг встречаем: «Свежая, молодая зелень распускающейся лиственницы положительно не имеет соперников между другими нашими лесными деревьями... Даже и летом лиственница остается самым светлым из наших хвойных деревьев, и на лиственничном лесе или роще всегда будто лежит отпечаток солнечного света, даже и тогда, когда солнце скрыто за облаками»¹³.

Это могло быть написано только художником. Но Кайгородов и был им.

Жившая в одном доме с Кайгородовым Т. С. Максимович в письме к автору этой статьи поделилась своими воспоминаниями об этой стороне художественной натуры Дмитрия Никифоровича. В первом этаже, где он жил, была сделана специальная студия со стеклянной стенкой и стеклянным потолком. Сюжетом всех его произведений (а он писал маслом и акварелью) всегда была только природа: лес, парк, луга, птицы... На своей веранде на гладкой стене, прямо против входа из сада, Кайгородов написал панно: березовая роща, облачное небо, птицы на кустах и деревьях. Это было написано так живо и естественно, что панно казалось окном, широко распахнутым в парк. Чем-то сродни любви к живописи была у Кайгородова любовь к розам. Он разводил десятки сортов, искусно группируя их на клумбах своего розария. Вся квартира Кайгородова была увешана его рисунками и этюдами. Он охотно их дарил и своим знакомым.

Кайгородов был глубоко художественной натурой. Только поэтому ему приходили в голову образы и сравнения, необычные для естествоиспытателя, для обычного натуралиста.

В главе, посвященной таким представителям чернолесья, как дуб и липа, Кайгородов пишет: «Если старый, раскидистый, могучий дуб справедливо считают как бы олицетворением силы, могущества и мужественного величия, то раскидистая, многовековая липа является как бы олицетворением женственного величия. Она величественна и мила своими изящными мягкими листьями и душистыми цветками»¹⁴.

Конечно, антропоморфизм был чужд Кайгородову. Но, будучи натуралистом, он часто давал птицам и зверям характеристики, в которых присутствовали черты, которые кое-кто может принять за черты человеческого характера: «Воробей — птица необычайно тонкого ума, в высшей степени наблюдательная и сообразительная»; «Характер у клеста чрезвычайно симпатичный: отличительные его черты — добродушие, доверчивость и общительность»; «Зяблик — птица бойкая, ловкая, умная, но задорная и драчливая»¹⁵.

Кайгородов не скрывал от своего читателя, что некоторые из любимых им птиц могут наносить вред садам, огородам, полям. Но он всегда в таком случае выступает адвокатом птиц: он перечисляет всю пользу, которую они приносят тем же хозяевам, уничтожая вредителей, взвешивает на «весах правосудия» пользу и вред птицы или зверя и почти всегда приходит к выводу, что польза от птиц намного превышает причиняемый ею вред. А если он и не находит какой-либо хозяйственной пользы от птицы, то тогда прибегает к аргументу, для него необыкновенно важному: так, рассказывая, что клест несколько разбойничает в лесу, Кайгородов восклицает: «Ведь стоят же чего-нибудь красота и милый нрав этой птицы!»¹⁶.

Для Кайгородова в природе не было ничего неэстетичного, грязного, ничего, к чему бы он относился с брезгливостью. Про жабу он пишет: «Это бедное, всеми презираемое создание может проявлять, по-своему, приятные качества, если только с ним хорошо обращаться — с добротой и лаской»¹⁷. А про червя — того самого

¹³ Там же, с. 156.

¹⁴ Кайгородов Дм. Из царства пернатых. М. — Л., 1923, с. 178.

¹⁵ Там же.

¹⁷ Кайгородов Дм. Дружба с природой. СПб, 1897, с. 41.

¹³ Там же, с. 112.

червяка, который почему-то в литературе стал образом ничтожества и отвратительного пресмыкательства, Кайгородов пишет, что он — пахарь, что червь — важный помощник матери-земли, он вспахивает и уваживает почву, является одним из создателей чернозема...

Маститый профессор Лесного института был человеком увлекающимся. Он был уверен, что природа и только природа служит источником искусства — литературы, живописи, музыки...

Кайгородов убеждал в этом своих слушателей и читателей во всех лекциях, во всех книгах. Этой точке зрения он посвятил одну свою работу, не имеющую прямого отношения ни к лесу, ни к птицам. В 1907 г. на собрании литературно-художественного кружка им. Я. П. Полонского он прочитал публичную лекцию: «Петр Ильич Чайковский и природа». Эту лекцию, названную «биографическим этюдом», Кайгородов позже издал отдельной очень любопытной книгой, объясняющей характер и чувства не только героя книги, но и ее автора.

Кайгородов предпринял настоящее большое исследование, тщательно изучив все воспоминания Чайковского, его переписку, его музыкальное и литературное наследие. И сделал вывод: «П. И. Чайковский обладал удивительно сильным, можно сказать, феноменальным чувством природы. Мне неизвестно другого примера человека, который так сильно воспринимал бы впечатления от красоты природы и так сильно на них реагировал»¹⁸.

Кайгородов приводит слова Чайковского из письма к Н. Ф. фон Мекк: «Слава богу, я стал снова вполне доступен общению с природой — способности в листке и цветочке понимать и видеть что-то недостижимое, дающее жажду жизни...» Понятно, конечно, когда Кайгородов в письмах Чайковского находил утверждения, что «лес есть главный источник наслаждения от природы» или «восторг от созерцания природы выше даже наслаждения искусством», то он об этом сообщал с восторгом. Ведь он сам так чувствовал и радовался тому, что гениальный артист испытывает то же самое.

Но автор «биографического этюда» о Чайковском шел и дальше. Кайгородов считал, что некоторые знаменитые произведения Чайковского, такие как «Времена

года», «Снегурочка» и многие романы, непосредственно вытекают из тех ощущений, которые испытывал композитор, наблюдая явления природы. Больше того, считал, что наиболее значительные части симфоний и концертов Чайковского также навеяны картинами природы. Несомненно, что в книге «П. И. Чайковский и природа» присутствуют как тонкая наблюдательность и музыкальность автора, так и та его увлеченность, за которую он иногда извинялся перед читателями.

И было еще обстоятельство: Чайковский был любимым композитором Кайгородова. Музыка была страстью Дмитрия Никифоровича — не только слушателя музыки, но и ее исполнителя. Он был хорошим пианистом, много играл у себя дома и на любительских концертах, его музыкальные вкусы были широки и многообразны. Но все же — Чайковский был музыкальным богом Кайгородова! Удивительно ли, что именно в его творчестве Дмитрий Никифорович искал и находил то, что он считал главным источником любого искусства — природу.

Профессор Кайгородов и устно, и печатно всегда выступал против того, что он называл «профессорским языком», против злоупотребления научной терминологией, против чопорности и неуклюжести авторского рассказа. Сам он всегда стремился к одному: говорить и писать как можно проще и точнее. Поэтому в его книгах можно встретить фразу: «Почки на ветках набухли и пооттопырились», «Птицы начинают свои гнездовые дела» или «Человек тяпнул топором и пошел себе дальше посвистывая, а дерево молча начинает заливать «слезами» пораненное место».

ПЕДАГОГ

Дмитрий Никифорович Кайгородов оставил глубокий след не только как ученый, натуралист, популяризатор, но и как педагог. Он никогда не преподавал в средней школе, всю жизнь он учил студентов, а не школьников, но их-то он больше всего имел в виду во всей своей многолетней общественно-литературной деятельности. Все, что он делал как фенолог, популяризатор было рассчитано на воспитание в детях «чувства природы». Ибо в этом, и только в этом он видел источник любви и тяготения к природе, воспитание в человеке гуманистических чувств любви к окружающим, великодушие, способность воспринимать красоту. По глубокому убеждению Кайгородов, человек,

¹⁸ Кайгородов Дм. П. И. Чайковский и природа. СПб, 1908, с. 16.

способный вот так, зазря, для собственного удовольствия, для скоропроходящей утехи, погубить дерево, убить животное — нравственно неполноценный человек, который может оказаться таким же жестоким к людям.

И Кайгородов понимал, что трудно и даже невозможно перевоспитать взрослого человека, выросшего в убеждении «вседозволенности» по отношению к природе. И можно надеяться только на то, чтобы с самого раннего детства воспитать в человеке бережное, более того, любовное отношение к природе. А если этого не делать, если и дальше будет продолжаться безразличие к природе, вернее, ее уничтожение, то человек очутится в пустыне, где его жизнь станет невозможной.

То, что говорил, писал, делал Кайгородов, сейчас звучит как нечто самоочевидное. Экологическое воспитание у нас начинается с детства, экологическая литература выходит во все возрастающем количестве, человечество привыкает к мысли, что, оберегая природу, оно сохраняет среду своего обитания, в конечном счете, сохраняет человека от вымирания, от самоуничтожения. Но во второй половине прошлого века не существовало еще понятия «экология», люди были убеждены не только в своем могуществе, но и в беспредельном могуществе самообновляющейся природы. Поэтому отчаянные призывы профессора Лесного института многими снисходились и с усмешкой рассматривались как некое чудодействие ученого, который в своем увлечении утратил чувство реального. Чудачества, в общем, безобидного, но часто становившегося чрезмерно назойливым, а то и раздражающим.

А раздражать было кого. Кайгородов начал воевать не с чем-нибудь, а с существующей системой школьного образования, с программой низшей и средней школы, с Министерством народного просвещения и теми учителями (а их было много, очень много!), которые были не столько педагогами по призванию, сколько чиновниками. Инструкции, программы и учебники, утвержденные министерством, были для них неукоснительным законом. Как же должны они были отнестись к человеку в газетах и журналах утверждавшему, что «воспитание чувства природы... должно составлять первую и главную задачу природоведения в младших классах школы!»¹⁹.

И добро бы, если б речь шла только о ботанике, только о зоологии, а Кайгородов под природой подразумевал нечто гораздо большее. Он писал: «Говоря о природе, я понимаю ее в самом широком смысле слова: мир растений, мир животных, мир неорганический — во всей их гармоничной целокупности — с облаками и звездным небом включительно»²⁰. Следовательно, имелось в виду не только знание количества тычинок у цветка, не знание признаков, по которым, скажем, грызуны отличаются от других видов зверей, а мировоззренческий взгляд на природу. И к этому Кайгородов призывал современную ему школу, ту самую, которую так беспощадно описывали в своих известных книгах Н. Г. Гарин-Михайловский, Евг. Чириков и многие другие писатели меньшего калибра. Кайгородов считал: «Задача средней школы — научить своих питомцев ведать природу, а ведать природу это значит: уметь сознательно воспринимать впечатления от предметов и явлений окружающей природы или, другими словами, уметь видеть, слышать и понимать природу». И — «чувствовать себя нераздельной частью природы!»²¹.

Дмитрий Никифорович Кайгородов был боевым педагогическим публицистом. Полемизируя с теми, которые считали, что естественные науки в гимназии существуют как некая «гимнастика ума», Кайгородов восклицал: «Природа в школе для гимнастики ума! Боже мой — бедная природа! Ни на что ты больше не годна: послужила для «гимнастики ума» и затем как ненужная более вещь — ступай под стол, в корзину!»²² Он беспощадно критикует постановку преподавания естественных наук в школе. «Что делает в настоящее время в школе естественная история? Прежде всего, она ставит непроницаемые перегородки между мирами: растительным, животным и неорганическим (ботаника, зоология и минералогия) мирами, столь тесно связанными между собой и взаимодействующими в целокупной природе».²³

Как мы видим, предметом полемики служит не сама программа естествоведения в школе, а принципиально разное отношение к ее назначению. Казенная точка зрения сводилась к тому, что задача естествоведения — научить, Кайгородов же считал, что задача эта — воспитать. Зачем школы-

²⁰ Там же.

²¹ Там же.

²² Там же, с. 14.

²³ Там же, с. 72.

¹⁹ Кайгородов Дм. На разные темы, с. 7.

нику зубрить классификацию растений и животных, зачем ему надобно знать латинские названия растений и животных, выучивать то, что ему потом и не понадобится никогда, что ему ничего не даст, кроме скуки и отвращения. И Кайгородов писал: «Ох уж эта пресловутая, односторонняя и узко понимаемая научность! Сколько зла она причинила природе в школе!»²⁴

Что же противопоставлял он существующей системе преподавания естествоведения в школе? Саму природу. Общение с живой природой, умение понять живое растение, живое насекомое, живую птицу и зверька. И единственным способом дать школьнику представление о животной природе — экскурсии. Так он считал: «Краеугольным камнем преподавания природоведения должны быть экскурсии, экскурсии, экскурсии»...²⁵ И со свойственной ему тщательностью составлял программы экскурсий для разных школ, для разных классов. Так как Кайгородов постоянно видел перед собой не среднестатистических, а живых школьников, живых детей, он исходил из того, что программы экскурсий должны быть совершенно различными для сельских и городских школ. Было бы смешно учить деревенских ребят, как различать пшеницу и ячмень, клевер и тимopheевку, щегла и синицу. Ему нужно объяснять другое: пользу, приносимую птицами, знание вредителей растений, умение с ними бороться. А городским детям совершенно необходимо познакомиться, «увидеть в лицо» тех зверей, растения, птиц, о которых они знают только понаслышке, только по книгам. Впрочем, такие знания необходимы не только детям, но и взрослым людям, которые не умеют отличить ласточку от стрижа.

Кайгородов всегда взывал к «образованным» и «интеллигентным» людям. Он искренне, часто наивно и просто, был уверен, что лес, растения, животных люди уничтожают только по своему невежеству, что каждый образованный человек не может не восхищаться красотой живого леса, мира, не может не испытывать желания поближе познакомиться с замечательными обитателями леса. И давал советы, как это делать. «Услышав в лесу долбление дятла и желая поближе полюбоваться на самого долбилых дел мастера, возьмите сухой сучок и начните ударять им по коре

какого-нибудь ствола, подражая его долблению. Услышав недалеко от себя присутствие другого дятла, крепконосый долбун сначала притихнет, а затем подлетит к самому вашему носу и начнет высматривать по сторонам, стараясь отыскать своего собрата... Мне удалось однажды манить таким образом одного дятла почти на полверсты расстояния из большого парка к себе в сад, на дачу».²⁶

От тех, кто любит наслаждаться природой, от всех — включая сюда и любителей-рыболовов — Кайгородов требовал сочетания удовольствия и науки. Он убежденно писал: «Интеллигентный рыболов должен обязательно вести рыболовный журнал, в который должны вноситься:

1. Количество и качество рыбы.
2. Показание барометра.
3. Показание термометра.
4. Направление и сила ветра.
5. Облачность неба».²⁷

Удивительно, но все же находились такие «интеллигентные рыболовы», которые следовали советам, вернее, просьбам Кайгородова, заводили такие журналы и сообщали настойчивому натуралисту просимые им сведения. А тот, стремясь доказать, что эти сведения могут доставить самому же рыболову пользу, составлял таблицы зависимости клева рыбы от атмосферных условий.

Чего, конечно, не надо делать — это представлять себе Кайгородова таким добрым старичком, умильно трясущимся над природой, оберегающим от соприкосновения с человеком растения, насекомых, птиц. Нет, соприкосновение он считал обязательным, нельзя узнать птицу или зверька, не изучив его вблизи, нельзя насладиться прелестным живым существом без длительного с ним общения. И он — страстный охранитель леса — считал правильным обычай рождественской елки и не ахал по поводу того, что уничтожаются миллионы молодых елочек. Елки вырастут, в хорошо ухоженном культурном лесу все равно надобно вырастить подрост, а хотя бы недельное пребывание в городской комнате живого деревца не может не вызывать любви к лесу. Пахнущая свежей хвоей, пахнущая лесом, красиво убранная, наряженная елка хоть на какое-то время приблизит ребенка к дереву,

²⁴ Там же, с. 7.

²⁵ Там же.

²⁶ Кайгородов Дм. Из царства пернатых, с. 127.

²⁷ Кайгородов Дм. На разные темы, с. 127.

оставит у него воспоминание на всю жизнь.

И точно так же он относился к такому в то время спорному вопросу, как содержание птиц в клетке, в доме у человека. Кайгородов был уверен, что содержание птиц в квартире привлекает детей, которые начинают видеть в этой птице не игрушку, а живое и милое существо, которое они рассматривают как друга. Он писал: «Только в комнате, в клетке может подсмотреть ребенок «физиономию», выражение глаз, душевное движение (радость, испуг, равнодушие и пр.) той или другой птицы. Только в комнате он может подметить индивидуальные особенности того или другого чижики, щегла, малиновки. Раз же он что-либо подобное подсмотрел, подметил — птица перестала для него быть объектом, а стала субъектом: он нашел в существе птицы родственные себе черты — он ее полюбил».²⁸

К ловле птиц и содержанию их в клетке, и раньше, а особенно теперь, существует не только настороженное, но и открыто враждебное отношение. Но ведь Кайгородов был натуралистом, он любил животных и хотел их не разглядывать с помощью бинокля, а наблюдать как можно ближе. Противоречит ли это гуманному отношению к животным? Может быть, стоит вспомнить такого нашего замечательного современника, как Д. Даррелл? Его слава натуралиста, знатока животных и человека, любящего их, как раз основана на том, что он животных содержал у себя дома, что они становились его домашними друзьями...

Будучи, с самых юных лет, страстным и опытным птицеловом, Кайгородов отнюдь не считал антигуманным ловлю детьми птиц. Но с условием: «Дети могут получить разрешение на птичью ловлю только при условии умелого, внимательного и заботливого ухода за пойманными птицами».²⁹ Следовательно, в те блаженной памяти времена, когда птиц было множество и казалось, что так всегда будет, педагог Кайгородов категорически возражал, чтобы дети ловили птиц без разрешения — кто хочет и как хочет. А ловить птиц — надо уметь! Надо было знать их повадки, привычки, надо, чтобы орудия лова не причиняли птице вреда.

Кайгородов, конечно, понимал, что

клетка для птицы, как бы ее заботливо ни содержали, — темница. И его правилом было: «Осенью завести, а по весне — выпустить!» И для него пушкинские строки — «вчера я растворил темницу воздушной пленницы моей» — всегда были примером душевного и заботливого отношения к живому, красивому, пленительному существу. В своих очерках, обращенных к детям, и статьях, адресованных педагогам, он всегда категорически настаивал на этом правиле: «...а по весне — выпустить!»

Кем был Дмитрий Никифорович Кайгородов? В чем значение его наследия и причины долгой памяти о нем? Он не был великим ученым, не совершал никаких путешествий, не открывал новых видов растений и животных, полем его зрения и деятельности были парк Лесного института, да парки и скверы Петербурга и его ближних окрестностей. В своих многочисленных книгах он не проявил себя блестящим стилистом, никогда не считал себя опытным и зрелым литератором. И был прав.

Кайгородов создавал и создал в нашей стране прочные традиции отношения к природе как источнику полной и гармоничной человеческой жизни. Он убеждал не только специалистов, а всех людей в необходимости изучать явления природы, ибо эти явления обогащают его ум и чувства. Заниматься фенологией, т. е. систематическим наблюдением за явлениями природы, не только полезно, но и приятно, интересно, увлекательно. К лесу следует относиться по-хозяйски, бережно не только потому, что древесина — основа важнейшей технологии, но еще и потому, что она — источник красоты, основа всех видов искусства. Животный мир необходимо сохранять, о нем надобно заботиться не только выгоды ради, а потому, что оскудение этого мира означает и оскудение, обесцвечивание всей нашей жизни.

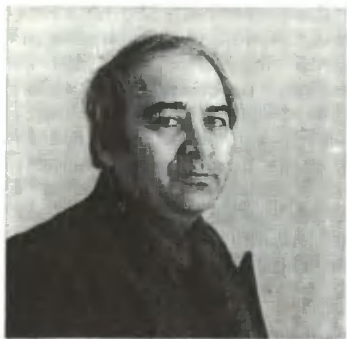
Кайгородов способствовал перелому в изучении естествознания в школе, положил основу школьным экскурсиям как важнейшего элемента образования и воспитания. В традициях массового праздника «Дня птиц», во всенародной заботе о том, чтобы мы и будущие поколения могли радоваться красивым цветам, птичьему пению — во всем этом есть доля долгой и радостной работы прекрасного русского ученого, натуралиста, популяризатора. И наша благодарность всегда должна сохранять память о нем.

²⁸ Там же, с. 132.

²⁹ Там же.

Просветление мутных физических и биологических сред при их сжатии

Г. А. Аскарьян



Гурген Ашотович Аскарьян, старший научный сотрудник Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Специалист в области квантовой электроники, нелинейной оптики, физики плазмы, ядерной физики. Автор открытия эффекта самофокусировки электромагнитных, световых и звуковых волн (1962) и один из авторов открытия свето-гидравлического эффекта (1963). Автор первых работ по ореольному нелинейному рассеянию света, акустическим эффектам при движении заряженных частиц, сильному бесстолкновительному возбуждению молекул, самоускорению заряженных частиц в газах, радиоизлучению от ливней космических частиц и др. Лауреат Государственной премии УССР (1971).

При решении различных задач физики, биологии, медицины, техники требуется пропускать какое-либо излучение, в частности свет, через мутные (т. е. рассеивающие и поглощающие) среды¹ — например, при просвечивании, облучении человеческого тела, освещении, передаче световой энергии. При этом сильное ослабление излучения нередко становится препятствием успешного решения задачи.

Так, одним из интересных применений лазерного излучения в медицине и в биологии, которое возникло в последнее время, явилась его способность оказывать стимулирующее действие на регенеративные и иммунные процессы в клетках и тканях организма, что, по-видимому, связано с резонансным характером поглощения. Например, одна из полос поглощения в ткани близка к длине волны генерации гелий-неонового лазера 0,63 мкм. Известно применение таких лазеров для лечения ожогов, трофических язв, незаживающих ран, стоматитов, полиневритов и других патологических процессов, протекающих в наружных тканях организма².

Существенно также действие ультрафиолетовых лучей (например, излучения азотного лазера, гармоник лазерных лучей и т. п.), обладающих сильным терапевтическим действием. Однако все эти виды излучения дают малую глубину проникновения (например, $z_s \sim 1-2$ мм для красного света) из-за сильного рассеяния и поглощения в биологических тканях, что не позволяет использовать их для глубинного облучения.

Отметим, что, если нас интересуют глубины $z \gg z_s$ (на глубине z_s излучение ослабляется в e раз), то даже малое изменение z_s может сильно изменить интенсивность прошедшего света I ввиду резкой зависимости $I(z_s)$ (например, $I \sim \exp(-z/z_s)$ или $I \sim (z/z_s)^k$).

Во всех задачах по прохождению света через мутные среды ранее не рассматривалась возможность сжатия этих сред. Между тем, как оказалось, сжатие среды очень сильно влияет на характеристики прохождения излучения.

¹ И. С. Мару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. М., 1981.

² Лазер в лечении ран. Под ред. В. Н. Кошелева. Саратов, 1980; Труды всесоюз. конф.

«Применение методов и средств лазерной техники в биологии и медицине». Киев, 1981; Электронная промышленность, 1979, № 8—9; 1981, № 5—6; Lasers in Photomedicine and Photobiology. Eds. R. Pratesi and C. A. Sacchi, Springer Series in Optical Sciences No 22, 1980 (Proc. European Physical Society Quantum Electronics Division Conf., Florence, 1979).

Исследования, проведенные нами в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР³, показали, что существует возможность резкого увеличения интенсивности проходящего света и, следовательно, его лечебного воздействия на ткани и среды, лежащие гораздо глубже, чем глубина проникновения без сжатия. Нами исследовано проникновение лазерного света на большие глубины и увеличение его проникновения при равномерном или локальном сжатии (надавливании) и проколе слоя мутной сжимаемой среды.

линдром. Измерялась толщина локально сжатого слоя — расстояние между внедренным торцом цилиндра и стеклянной пластинкой.

Пятно рассеянного света на выходе из рассеивающего слоя регистрировалось фотоаппаратом. Интенсивность излучения в центре пятна измерялась фотоумножителем, на фотокатод которого излучение поступало по световоду с внутренним диаметром 2 мм, или через отверстие диаметром 1 см в торце кожуха фотоумножителя, приставленного вплотную к

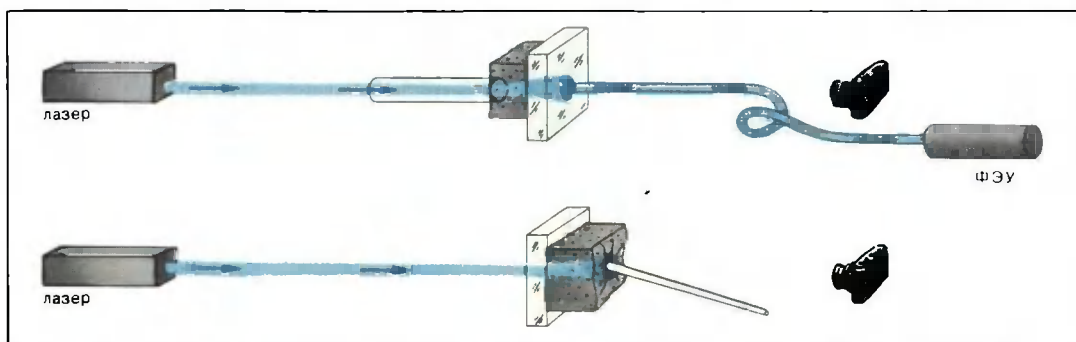
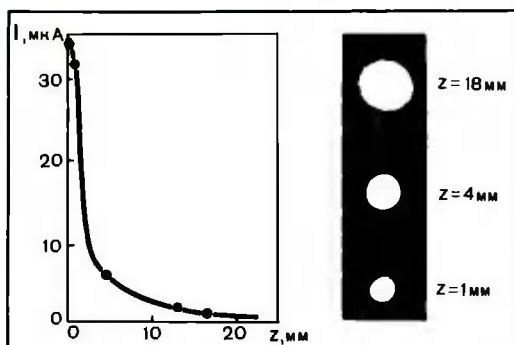


Схема эксперимента. Вверху — нажим со стороны падения луча, внизу — нажим со стороны выхода луча.

ВОЗРАСТАНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

В качестве моделей мутной среды использовались слой поролона, стопки бумаги с регулируемыми воздушными промежутками между листками. Вдавливание производилось прозрачным цилиндром (палочка из плексигласа или стекла), трубкой или концом световода. В контрольном эксперименте проводилось также равномерное сжатие поролона между двумя стеклянными пластинами, поперечные размеры которых были много больше толщины слоя поролона. В качестве источника света использовался непрерывно действующий гелий-неоновый лазер ЛГ-75 со световой мощностью 15—20 мВт. Слой находился на закрепленной стеклянной пластинке и сжимался между ней и ци-



Увеличение интенсивности лазерного излучения (тока фотоумножителя I), рассеянного слоем поролона с начальной толщиной $z_0 = 22$ мм. Справа — фотографии пятна рассеянного света при различной толщине сжатого слоя. Диаметр самого малого яркого пятна 15 мм, сжатие производилось плексигласовым цилиндром диаметром 10 мм. Экспозиция 1/500 с при чувствительности пленки 40 ед. ГОСТ.

пластинке. Абсолютная калибровка ослабления света проводилась путем сравнения с поглощением в стопке эталонных фильтров.

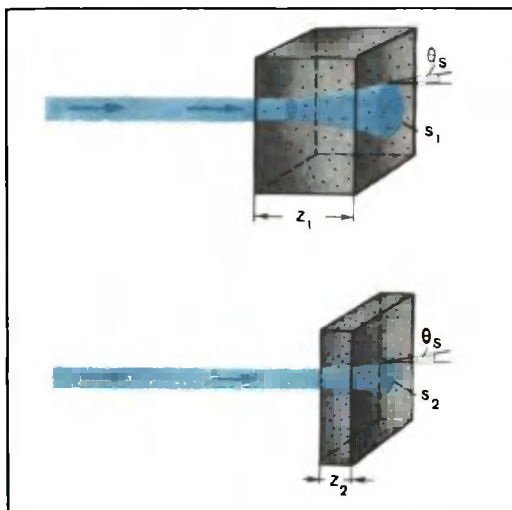
При сжатии поролона от начальной толщины $z_0 = 22$ мм до $z = 2$ мм было обна-

³ Аскарьян Г. А. — Квантовая электроника, 1982, т. 9, № 7, с. 1379; Препринт ФИАН № 55, март 1982.

ружено резкое увеличение сигнала; измеренная в центре пятна интенсивность возросла более чем в 30 раз! От толщины слоя она зависела по закону $I \sim z^{-\alpha}$, где $\alpha = 1; 2$.

ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЭФФЕКТА ПРОСВЕТЛЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Каковы же причины просветления физических мутных сред при сжатии? Их может быть несколько. Приведем



Увеличение пропускания света при сжатии слоя рассеивающей среды происходит за счет «геометрического» эффекта: интенсивность света I на выходе из слоя обратно пропорциональна площади засвечиваемого пятна на задней поверхности слоя s . В свою очередь эта площадь определяется толщиной слоя z и суммарным углом многократного рассеяния θ_s , который в обоих случаях примерно один и тот же, так как при сжатии не меняется число центров рассеяния. Таким образом, $I_2/I_1 \sim s_1/s_2 \sim z_1^2/z_2^2$.

некоторые, наиболее простые и существенные для нашего случая.

Предположим сначала, что сжатие слоя рассеивающей среды — плоское, т. е. оно не меняет количества вещества в слое на пути света (соответственно остается прежним число рассеивающих центров в слое, $nz = \text{const}$, где n — концентрация рассеивающих центров в веществе). Проходя сквозь слой вещества, свет испытывает многократное рассеяние. Суммарный угол рассеяния (при условии

его малости) можно определить из приближенного равенства:

$$\theta_s^2 \approx \theta_1^2 \sigma n z \sim \frac{z}{z_{s0}},$$

где σ — сечение рассеяния на одном центре, θ_1 — средний эффективный угол при одном акте рассеяния, z_{s0} — длина сильного (см. ниже) рассеяния. Предполагается, что рассеяние на разных центрах независимо, т. е. расстояние между ними много больше длины волны падающего излучения, что обычно имеет место. Из приведенного соотношения видно, что θ_s^2 пропорционально nz , и, следовательно, если nz постоянно, то и θ_s^2 не меняется. Но площадь пятна рассеянного света при малых углах θ_s приблизительно равна $(z\theta_s)^2$, т. е. пропорциональна квадрату толщины слоя z^2 . Поэтому интенсивность в центре пятна — величина, обратно пропорциональная площади пятна, — должна расти по мере сжатия слоя по закону $1/z^2$.

Отметим, что даже при малых θ_s^2 и малых начальных радиусах сечения луча рассеяние может быть сильным, т. е. площадь s пятна рассеянного света будет гораздо больше площади s_0 начального пятна: $s \approx (z\theta_s)^2 \gg s_0$. Это имеет место при $z \gg (s_0 z_{s0})^{1/2}$. Рассеяние будет очень сильным, когда углы рассеяния становятся большими $\theta_s^2 \approx z/z_{s0} \gg 1$ при $z \gg z_{s0}$, т. е. происходит полная потеря направленности излучения. В этом случае распространение света будет диффузным.

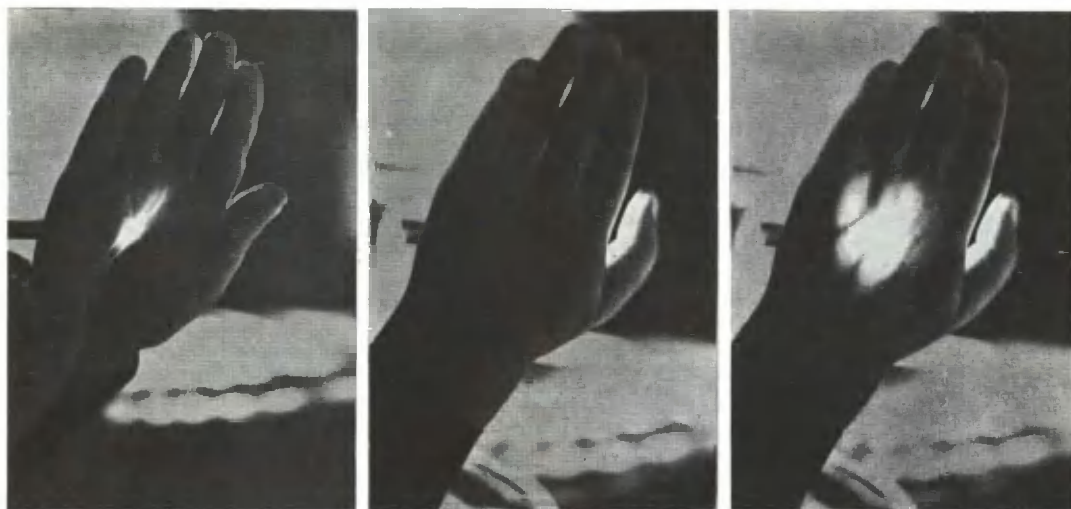
Для больших углов рассеяния при $z \gg z_{s0}$ улучшение пропускания при сжатии можно объяснить уменьшением диффузии света в направлении, перпендикулярном его распространению; в этом случае, как можно видеть, площадь пятна рассеянного света также получается пропорциональной квадрату толщины слоя z^2 . Действительно, в случае установившейся диффузии плотность потока J квантов через поверхность сферы радиуса R определяется мощностью P источника света в центре сферы — точке падения луча: $J = P/4\pi R^2$. Отсюда прямо получаем проекцию потока на мысленно выделенную на глубине z плоскость:

$$J_{\perp}(z) = J \cos \theta \left(\frac{P}{4\pi R^2} \right) \frac{z}{R}.$$

Так как $R = \sqrt{\varrho^2 + z^2}$, где ϱ — расстояние от оси пучка света, то при $\varrho \ll z$

$$J_{\perp}(z) = \frac{Pz}{(\varrho^2 + z^2)^{3/2}} \sim \frac{1}{z^2},$$

т. е. J не зависит от диффузионных свойств и определяется только толщиной



Увеличение прозрачности руки при нажатии. Экспозиция 30 с, лазер ЛГ-75. Слева направо: луч падает с тыльной стороны ладони, видно резкое усиление света в области надавливания стеклянной палочкой; луч падает с внутренней стороны ладони, нажатия нет, свет не проходит; внутренняя сторона ладони прижата к плексигласовому цилиндру-световоду.

ВОЗРАСТАНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ПРИ НАДАВЛИВАНИИ НА СЛОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ

слоя z . Расстояние от оси пучка, где интенсивность спадает вдвое, $\Delta \rho \sim z$, а эта величина определяет разрешение изображения, т. е. с уменьшением толщины слоя четкость изображения возрастает.

В этом оценочном расчете не учитываются граничные условия на поверхности.

Возможны и другие механизмы просветления. Например, сжатие вещества может даже привести к тому, что расстояние между центрами рассеяния станет много меньше длины волны падающего света, т. е. среда будет вести себя не как рассеивающая, а как макроскопически однородная и будет лучше пропускать свет. Изменение поляризуемости и ориентации рассеивающих центров при сжатии также может повлиять на пропускание света.

Следует заметить, что все приведенные здесь оценки носят весьма приближенный, качественный характер. Так, мы не учитывали ни поглощения света, ни возможного изменения сечения рассеяния центров при сжатии, ни отклонения геометрии от плоской. Тем не менее, как мы видим, они могут иллюстрировать результаты эксперимента.

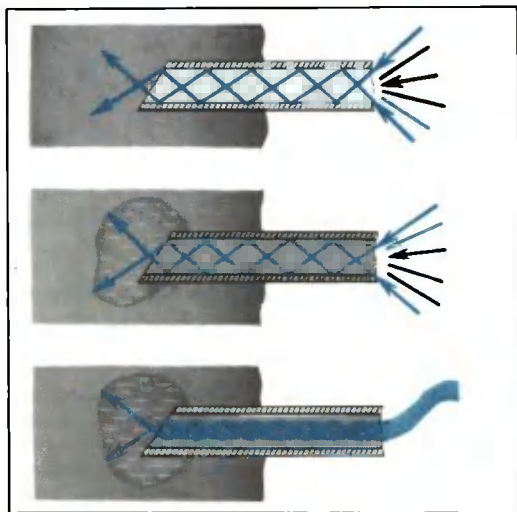
Было исследовано также изменение пропускания света через ткани человеческого тела. В качестве рассеивающего слоя использовалась ладонь, на центр которой падал луч гелий-неонового лазера. Толщина ладони в центральной части составляла 2,7 см, при слабом сжатии (до появления незначительного болевого ощущения) — 2 см. При падении луча на тыльную сторону ладони и при нажатии стеклянной палочкой на ее внутреннюю сторону наблюдалось резкое возрастание пропускания света. При нажиме ладони на плексигласовый цилиндр, по которому проходил свет, также наблюдалось сильное увеличение интенсивности прошедшего света.

Количественно эффект был оценен с помощью фотоумножителя. Ладонь закрывала тыльной стороной отверстие в торце кожуха фотоумножителя перед его фотокатодом.

Таким образом, было измерено, что без сжатия через ладонь проходило около 10^{-6} падающей мощности. При толщине ладони $z_0 = 2,7$ см такое ослабление ($10^{-6} \approx e^{-14,4} \approx \exp(-z/z_0)$) соответствует глубине проникновения $z_0 \approx 2$ мм для средней плотности тканей в этой части ладони, что совпадает с литературными данными. Отметим, что более толстые части ладони — области у края и у фаланг пальцев — более проницаемы для света и более подвержены рассматриваемому эффекту, чем ее центральная

часть. Вдавливание плексигласового цилиндра во внутреннюю поверхность ладони на указанную величину 0,7 см увеличивало ток фотоумножителя, т. е. интенсивность прошедшего света в 40 раз! При уменьшении диаметра цилиндра наблюдались еще большие просветления — до сотен раз.

То, что малое сжатие биологической ткани приводит к гораздо большему эффекту, чем в случае поролона, обусловлено, по-видимому, ее гетерогенностью. В ней присутствуют фракции, которые вытес-



«Световой шприц». Сверху вниз: проведение света за счет отражений от внутренних стенок канала иглы; инъекция жидкости, отодвигающей ткань от торца иглы; игла со световодом в канале и инъекцией жидкости.

няются из сжимаемого слоя — выдавливается кровь, смещаются в сторону мышцы (вспомним, как белеют ладони, нос, лоб человека, прижавшего их к стеклу). Интересно отметить релаксацию эффекта: при устранении надавливания его след пропускает свет еще 1—3 с. Следовательно, при терапевтическом использовании эффекта можно чередовать надавливание и снятие давления — это позволит сочетать увеличение прозрачности с нормальным функционированием тканей.

Из полученных результатов следует возможность проведения лазерного излучения с лечебной целью в ткань на глубину около 2 см (пропускание $< e^{-10} \approx$

$\approx 2 \times 10^{-4}$). Это позволяет получить применяемые сейчас терапевтические дозы при разумном увеличении экспозиции в сотни раз (часовые экспозиции вместо минутных, используемых сейчас при наружном облучении).

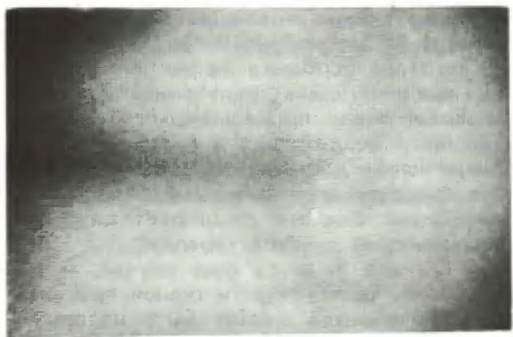
ПРОВЕДЕНИЕ СВЕТА ЧЕРЕЗ РАССЕИВАЮЩИЙ СЛОЙ ПРИ ПРОКОЛЕ. СВЕТОВОЙ ШПРИЦ

При необходимости проведения света через толстый слой рассеивающей среды возможно прокалывание слоя иглой с каналом, по которому проводится свет («световой шприц»). Можно предложить несколько вариантов такого шприца.

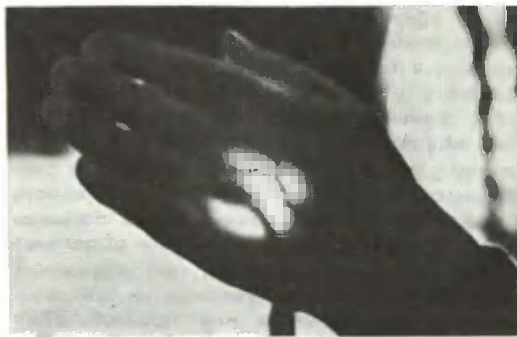
Транспортировку света можно осуществить за счет отражений его от внутренней поверхности канала иглы. Прохождение света через обычные иглы для шприца было измерено экспериментально. Излучение с помощью световода подавалось на трехмиллиметровый ввод в иглу, имевшую наружный диаметр 0,5 мм, и визуально на экране или с помощью фотоумножителя регистрировался свет, прошедший через иглу. По каналу проходила значительная часть попавшей в него энергии, если стенки канала были достаточно блестящими, а игла не слишком длинной. Доля вводимой в канал энергии могла быть значительно увеличена фокусировкой излучения на торце канала. Быстрая расходимость света после выхода из канала ($\theta \approx 0,1—0,2$ рад) показывала, что существенно многократное отражение от стенок (число отражений порядка $L\theta/a \approx 20$, где L — длина канала, a — его радиус, поэтому добротность отражения весьма важна). Для обычной поверхности канала (долгое хранение иглы после употребления) была получена хорошая транспортировка света лишь при $L \approx 3—5$ см и радиусе канала $a \approx 0,1$ мм.

Канал иглы может быть заполнен диэлектриком (твердым, жидким или газообразным), цель которого — предотвратить попадание ткани и жидкости тела в канал, а также отодвинуть границу ткани от среза иглы. Последнее достигается инъекцией жидкости (например, обезболивающей) через иглу. Такая предварительная инъекция, отодвигающая ткань от среза иглы, ослабляет термозффекты при больших интенсивностях света, давая свету разойтись после выхода из канала.

Эффективность шприца может быть значительно увеличена, если в его канал



Интроскопия слоя поролонa толщиной 21 мм с ножницами внутри. Вверху — без сжатия, внизу — при сжатии до толщины 7 мм. Экспозиция в свете лампы накаливания мощностью 60 вт — 1/30 с.



Интроскопия руки при нажатии ею на плексигласовый цилиндр-световод. Хорошо видны вены и надпись, сделанная шариковой ручкой на тыльной стороне ладони. Экспозиция 30 с в луче лазера мощностью 15 мВт.

вмонтировать отрезок световода, который транспортирует свет, не давая ему коснуться металлических стенок канала. В этом случае возможна передача света практически без потерь. Инъекцию жидкости, отодвигающей границу ткани, можно производить через щель в краевой зоне канала или использовать двойную иглу — по одному из каналов пропускать свет, а по другому жидкость для инъекции.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТА

Представляется, что описанные нами эффекты могут открыть большие, еще не реализованные возможности использования лазерного излучения низкой интенсивности для терапевтического воздействия на внутренние органы и ткани.

Какие потенциальные применения можно, в частности, предложить для проверки? Например, открывается возможность применения лазерной терапии для ле-

чения нейроинфекционных болезней спинного мозга, таких как боковой амиотрофический и рассеянный склероз и др. Близость позвоночника к поверхности, наличие просветов между позвонками, которые легко увеличиваются при сгибании спины, широкая индикатриса рассеяния света позволяют надеяться на возможность облучения спинного мозга рассеянным излучением, проведенным вглубь.

В нейроинфекционных болезнях, при которых происходит отмирание нервных клеток, облучение лазерным светом может повысить их жизнеспособность, сопротивляемость и биологическую активность и на начальных стадиях способно резко замедлить и даже остановить процесс. Это облучение может быть полезно при любых возможных (еще не раскрытых) механизмах медленных инфекций — от вирусных до контактных клеточных взаимодействий. Кроме оптической возможна «биологическая» диффузия — межклеточная передача возбуждения и активности от облученных к соседним клеткам, что еще более уве-

личит эффективность лазерного воздействия. Сильное возбуждение клеток может изменить показатель преломления и поглощение в микроструктурных неоднородностях тканей и вызвать биологический аналог эффекта просветления и самофокусировки¹, уменьшающего поглощение и расходимость светового луча. Возможность определения локализации очагов поражения по симптомам заболевания облегчает лазерное воздействие как при наружном облучении, так и при увеличении прозрачности путем нажима или прокола слоя подлежащих тканей (в зависимости от толщины тканей, связанной с конституцией и возрастом больного).

Целесообразно исследование влияния облучения на центры, регулирующие иммунные процессы с целью усиления, исправления или подавления их деятельности, а также возможного влияния на управление процессами старения. Возможно проведение такого воздействия в глубине при наружном облучении или при неглубоком уколе, без введения в полость зонда — например, при облучении язвы желудка, кишечника, при онкологических заболеваниях.

Проведение в глубь тканей слабого ультрафиолетового излучения позволит воздействовать на клеточные процессы или осуществить бактерицидное воздействие на очаги патологических процессов, спинномозговую жидкость (например, облучение ликвора) и т. д. Разумеется, все эти эффекты должны быть проверены и исследованы в специальных условиях. Здесь мы говорим лишь о желательности увеличения глубины лучевого лечебного воздействия.

Рассмотренный эффект увеличения прозрачности при сжатии наблюдается, естественно, и при некогерентных источниках света — лампочках и т. п. Более того, все проведенные выше оценки и рассуждения остаются в силе и эффект должен наблюдаться для любых видов излучений — радиоизлучения, рентгеновского, ультразвукового, ионизирующих частиц и т. п. Действительно, сжатие слоя уменьшит не только пятно рассеяния таких излучений, но и поглощение из-за вытеснения крови и тканей из области сдавливания. Отметим, что вытеснение крови должно особенно улучшить прохождение радиоизлучения: кровь (как и соленая вода)

особенно сильно поглощает радиоволны. Проведение же излучения по каналу иглы при проколе особенно эффективно в случае ионизирующих излучений, так как избавляет ткани прокалываемого слоя от излишнего воздействия и в то же время обеспечивает доставку излучения нужной интенсивности на глубину без сильного ослабления. Все это расширяет диапазон возможностей лучевой терапии.

Однако имеется еще случай, когда увеличение прозрачности тканей при сжатии или проколе может быть использовано непосредственно. Это интроскопия — выявление внутренней структуры объектов. Мы провели исследования по применению наблюдаемого эффекта для интроскопии. Схема эксперимента была следующей. Источник света — гелий-неоновый лазер с расфокусированным лучом или лампа накаливания с рефлектором — освещал слой поролона, который сжимался между двумя прозрачными пластинами из плексигласа. Внутри (многослойный поролон) находился непрозрачный объект — ножницы, проволоочный крест, сетка и т. п. Этот объект не был виден, если слой среды не сжимался. По мере сжатия слоя контуры объекта становились все более четкими, что фиксировалось фотоаппаратом.

Была исследована также интроскопия ткани человеческого тела. При прижатии ладони к плексигласовому цилиндру-световоду, по которому проходил луч гелий-неонового лазера, на другой стороне ладони проявлялись вены, находящиеся у наружной поверхности ладони, надписи и т. п. Без нажатия ладонь в этой части не пропускала свет (экспозиция 30 с). Таким образом возможно безрентгеновское выявление осколков, заноз, лежащих не очень глубоко.

Обнаруженное увеличение разрешения структуры объектов, находящихся внутри слоев рассеивающих сред при их сжатии, может быть использовано не только в медицине, но и в биологии, технике, криминалистике и т. п.

Таков неполный перечень возможных применений нового эффекта.

¹Аскарьян Г. А. — Успехи физ. наук, 1973, т. 111, с. 249.

Динамические системы и системный подход

Б. Я. Пахомов, В. И. Большаков



Борис Яковлевич Пахомов, доктор философских наук, заведующий кафедрой марксистско-ленинской философии Московского инженерно-физического института. Область научных интересов — методология науки, теория познания, философские вопросы естествознания. Автор книги: *Диалектический материализм в свете современной науки*. М., 1971 (совместно с И. Д. Панцхава), а также глав в книгах: *Современный детерминизм. Законы природы*. М., 1973; *Диалектика как общая теория развития. Философские основы теории развития*. М., 1982.



Владимир Ильич Большаков, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Института химической физики АН СССР. Область научных интересов — проблемы моделирования фотобиологических процессов.

Середина нашего столетия ознаменовалась существенными сдвигами в разработке новых методов естественнонаучного исследования. В 1950 г. появилась статья австрийского биолога Л. фон Берталанфи «Очерк общей теории систем»¹. Основная идея, к которой Берталанфи приближался на протяжении 30—40-х годов, состояла в том, что для перехода от описательной биологии к теоретической недостаточны традиционные методы анализа и синтеза, применявшиеся в физике и химии, — свойства целого (организма, например) не могут рассматриваться как следствия тех

свойств, которыми обладают элементарные части. Познание законов функционирования живого организма на теоретическом уровне возможно, по идее Берталанфи, лишь на основе особого метода — системного подхода. Разработке основных принципов такого метода и должна служить общая теория систем.

Предложение развивать общую теорию систем вызвало значительный резонанс — и не столько в среде биологов, сколько в среде специалистов по теории управления сложными техническими устройствами. Бурное развитие работ по новой сложной технике, включавшей в себя системы автоматического управления, привело к возникновению и развитию кибернетики. Идеи, близ-

¹ Bertalanffy L. von.— Brit. J. Philos. Sci., 1950, v.1, № 2, p. 139.

кие по духу идеям Берталани, буквально витали в воздухе. Неудивительно, что призыв развивать общую теорию систем в качестве метода познания и создания сложных объектов был сразу же воспринят с энтузиазмом. Чем большую тревогу вызывали проблемы экологии, тем значительнее становился интерес к системному подходу как методу познания закономерностей существования биогеоценозов, используя который можно было надеяться более разумно организовать взаимодействие общества с природой. Со сложными системами имеют дело и специалисты по математическому моделированию экономических связей.

Чем более нарастал поток публикаций по общей теории систем, тем более очевидными становились существенные логические трудности концепции. Казалось очевидным, что общая теория систем должна начинаться с общего определения понятия системы. Однако чем более универсальные определения предлагались, тем менее было ясно, в чем должна состоять специфика системного подхода как **нового** для естествознания метода познания сложных объектов. Чаще всего подчеркивается, что система есть объект, состоящий из элементов, связанных между собой определенными отношениями². Но определения, основанные на этом признаке, достаточно широки: почти все объекты, известные современной науке, заведомо отвечают этому требованию. При этом как раз и возникает вопрос, чем же отличается системный подход от традиционных методов теоретической физики, например механики, изображавшей исследуемые объекты в виде систем материальных точек, или молекулярно-кинетической концепции, представлявшей газы, жидкости, твердые тела как системы движущихся и взаимодействующих атомов или молекул. Как правило, на этот вопрос отвечают ссылкой на особую сложность тех систем, которые в отличие от более простых требуют специфического (системного) подхода. Однако и классическая грамм-молекула газа, состоящая из 10^{23} молекул, — тоже сложный объект. Видимо, надо уточнить сами критерии сложности и выяснить, в чем состоит та **особая** сложность некоторых систем, которая требует применения новых методов, отличаю-

щихся от традиционных теоретических методов физики.

Задача данной статьи мы видим в том, чтобы осветить в какой-то степени специфику системного подхода как особого метода познания сложных объектов.

ДИНАМИЧНОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ СЛОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Итак, воспроизведем еще раз условия поставленной Берталани задачи: для познания особо сложных объектов, когда оказываются непригодными традиционные для естествознания методы анализа и синтеза, необходимо создать новый метод, основанный на общей теории систем. Однако попытки начать с определения «системы вообще» не дают возможности решить, в чем специфика нового метода. Надо, очевидно, в принципе изменить сам способ подхода к поставленной проблеме.

В числе мыслителей, внесших вклад в развитие идей, принципиально важных для современной теории систем, Берталани называет Г. Гегеля и К. Маркса³. И для этого есть очень веские основания. Как известно, Маркс применил материалистически переработанный им диалектический метод Гегеля к исследованию законов развития такой сложной системы, как человеческое общество, раскрыл законы функционирования столь сложной экономической системы, каковой является капиталистическая система хозяйства. Вместо рассуждений об «обществе вообще» или о «человеке вообще» (которыми изобилует социология до Маркса и изобилует до сих пор в своих немарксистских вариантах), Маркс исследует конкретное состояние общества на определенной и притом достаточно высокой ступени исторического развития, когда внутренние пружины общественных отношений, определяющие законы его развития и сущность самого человека, наиболее отчетливо проявляются. Как подчеркивал Маркс, «анатомия человека — ключ к анатомии обезьяны»⁴. В таком случае в поисках методов познания сложных объектов начинать надо не с абстракции «система вообще», а с анализа той конкретно-исторической познавательной ситуации, в связи с которой стало необходимым разрабатывать принципы системного подхода в есте-

² «Система — это множество объектов вместе с отношениями между объектами и между их атрибутами (свойствами)». (Холл А. Д., Фейдж и Р. Е. Определение понятия системы. — В сб.: Исследования по общей теории систем. М., 1969, с. 252.)

³ Берталани Л. фон. Общая теория систем — обзор проблем и результатов. — В кн.: Системные исследования. Ежегодник 1969. М., 1969, с. 35.

⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. 1, с. 42.

ствознании. Наша задача облегчается тем, что суть проблемной ситуации достаточно четко обрисовал У. Р. Эшби еще четверть века назад. «Наука стоит сегодня как бы на водоразделе, — писал Эшби. — В течение двух столетий (Эшби, видимо, имеет в виду классическую физику. — Б. П., В. Б.) она исследовала системы, которые либо внутренние просты, либо могут быть разложены на простые составляющие. Тот факт, что в течение столетий могли принимать такую догму, как: «изменяйте факторы по одному», показывает, что ученые занимались в основном исследованием систем, допускающих этот метод; ибо в сложных системах он часто не применим по существу»⁵. Лишь в XX в., как считает Эшби, «стали отчетливо сознавать существование сложных систем, которые не допускают изменения только одного фактора за один раз, ибо эти системы столь динамичны и внутренне связаны, что изменение одного фактора служит непосредственной причиной изменения других, иногда очень многих факторов»⁶. В качестве примера Эшби приводит экономическую систему, но этот пример сразу же заставляет нас уточнить хронологические ссылки: образец исследования с позиций диалектического метода сложной экономической системы был дан Марксом в XIX в. Эшби прав, однако, в том, что именно XX в. принес необычайно широкий спектр научных задач по исследованию «динамичных и внутренне связанных систем», не допускающих изменения различных факторов по одному. Именно в XX в. проблема познания сложных динамических систем встала перед всей наукой, в том числе — естествознанием и техническими науками, как проблема первостепенного **общенаучного** значения. В соответствии с принятыми в естествознании и технике методами математизации знания, была поставлена задача разработки математических моделей сложных динамических систем. Но для этого необходимо прежде всего выяснить принципиальную природу системных связей.

Примером динамичной внутренне связанной системы, в которой изменение любого параметра вызывает изменения в движении всех элементов, может служить система трех небесных тел (звезд) примерно одинаковой массы. Каждое из этих тел смещается под воздействием сил тяготе-

ния со стороны двух других, но при смещении изменяются (обратно пропорционально квадратам расстояний) силы взаимного притяжения. Таким образом, движение каждого из тел зависит от взаимного притяжения, взаимное притяжение — от взаимного положения тел, которое изменяется при их движении. На этом примере отчетливо видно, что динамичность и внутренняя связанность суть проявления свойства самодетерминации: поведение составляющих элементов и системы в целом определяется условиями, создаваемыми и изменяемыми поведением самих этих элементов. Внутренняя самодетерминация придает системам такого типа (а именно: динамичным системам) специфическую сложность поведения.

В данной системе свойства целого еще выводимы из свойств и характеристик составляющих элементов. Однако для понимания ее поведения необходимо целостное рассмотрение в отличие, например, от Солнечной системы. В силу того что масса Солнца намного превышает массу любой из планет, в первом приближении допустимо рассматривать движение каждой планеты как не зависящее от движения остальных планет. При более точном расчете допустимо учитывать влияние наиболее крупных планет Солнечной системы (Юпитера, Сатурна) и наиболее близких планет. Таким образом, Солнечная система с достаточной степенью точности может считаться разложимой на отдельные составляющие, которые допустимо рассматривать по отдельности, не обращая внимания на остальные связи. Если же система состоит из тел примерно одинаковой массы, находящихся на примерно одинаковых расстояниях, ни одна связь уже не может игнорироваться даже в первом приближении. Этот пример показывает нам важнейший признак систем, требующих системного подхода: связи между элементами столь существенны для объяснения и прогнозирования поведения системы, что ни одна из них не может быть оставлена без внимания — они должны быть учтены в своей целостности.

Взаимосвязь и взаимообусловленность элементов — решающий признак систем в собственном смысле этого понятия. Но именно этот признак, как правило, остается на втором плане в типичных вариантах определения понятия системы, где смысловое ударение падает на слова «совокупность элементов». Между тем, с точки зрения Маркса, «общество не состоит из индивидов, а выражает сумму тех связей и отношений, в которых эти индивиды

⁵ Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М., 1959, с. 18.

⁶ Там же, с. 18—19.

находятся друг к другу»⁷. Общество, которое Маркс, по словам В. И. Ленина, рассматривает как социальный организм,⁸ есть совокупность отношений между индивидами и группами индивидов. Не правда ли, акценты расставлены здесь иначе!

Итак, система есть совокупность связей, объединяющая группу элементов в качественно определенное образование и задающая внутреннюю самодетерминацию поведения всех элементов и объекта в целом. Тип детерминирующих связей характеризует основное системообразующее отношение, а общий порядок связей — структуру системы.

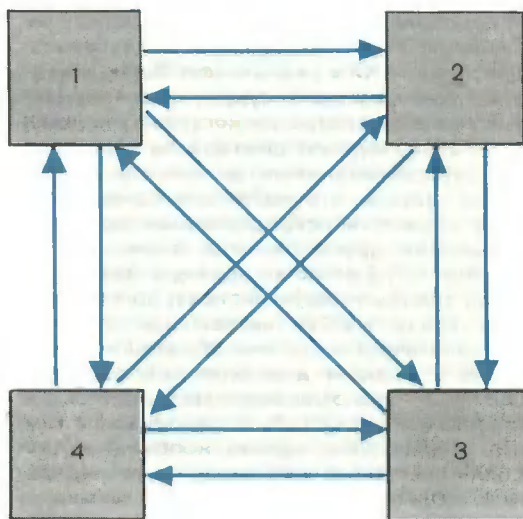
УСТОЙЧИВОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЦИКЛЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Если изменение любого элемента или его связи с другими элементами вызывает изменения всех остальных связей, то обеспечение устойчивости такой динамической системы оказывается делом далеко не простым. Чтобы исследовать эту проблему, Эшби создал в свое время модель сложной динамической системы, состоящей всего лишь из четырех связанных между собой детерминирующими связями блоков. В каждом из них имелся поворачивающийся под действием электрического тока магнит, положение которого влияло на величину тока, подаваемого на другие блоки. Когда включали эту систему, все магниты начинали поворачиваться под действием токов от других блоков. Эти движения изменяли токи, которые в свою очередь изменяли движения магнитов. В большинстве случаев модель оказывалась неустойчивой. Однако при некоторых соотношениях между влияниями блоков друг на друга (эти соотношения можно было изменять) система приходила в состояние подвижного равновесия. Если любой блок выводили из занятого им состояния, происходили такие изменения во всех остальных блоках, что равновесие восстанавливалось.

Равновесие в системах с внутренней самодетерминацией подвижно. Оно чаще всего осуществляется в виде колебаний состояний системы относительно некоторого «среднего» положения. Этим и оправдывается наименование такого рода систем как динамических. В природе динамические системы распространены чрезвычайно широко, по сути дела весь окружающий нас

мир образован динамическими системами различных масштабов.

Примером динамической устойчивости может служить внутренняя устойчивость звезды. Она обеспечивается взаимодействием двух противоположных процессов: сжатия вещества под влиянием гравитации и его расширения за счет кинетической энергии, приобретаемой в термоядерных реакциях. Сжатие повышает плотность и температуру, что ведет к усилению термоядерных реакций. Полученная при этом кинетическая энергия ведет к расширению



Связи между блоками гомеостата У. Р. Эшби.

вещества и, следовательно, понижению температуры и плотности. Тогда уменьшается интенсивность термоядерных реакций, и гравитационные силы сжимают вещество. Неудивительно, что устойчивость очень подвижна и реализуется в виде сложной совокупности колебаний различных периодов и амплитуд (циклы Солнца).

Подвижную устойчивость динамических систем, связи в которых представляют собой взаимодействия (физические и химические), можно назвать, используя терминологию Эшби, гомеостазом. Однако этот термин давно используют и для обозначения устойчивости систем иного типа и с иным способом обеспечения устойчивости. Живой организм, экосистема, общество, экономические системы, сложные технические системы имеют своим системообразующим отношением не просто

⁷ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. 1, с. 214.

⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 1, с. 429.

взаимодействие, но специфическую форму взаимообусловленности — функциональную (ролевую) связь. Каждый элемент в такого рода динамических системах характеризуется определенной ролью, выполняемой им по отношению к другим элементам и системе в целом. Функционально связаны между собой органы живого организма; через цепи питания, размножения, условия среды обитания функционально обуславливают друг друга элементы экологической системы. В сложном техническом устройстве каждый блок имеет определенное назначение и существенно необходим для функционирования устройства в целом и остальных блоков. Таковы же существенные связи в обществе, в экономических системах. Системы такого типа имеют смысл выделить как **системы с функциональными связями**.

В них устойчивость обеспечивается с помощью **саморегулирования**, механизм которого обладает специфическими особенностями, отличающими его от гомеостаза. Для примера рассмотрим малую часть связей внутри экосистемы. Допустим, что при благоприятных погодных условиях с избытком обеспечивается питание травоядных животных. Этим создаются условия для последующего возрастания их численности (прямая функциональная зависимость). Возросшее количество травоядных уменьшает объем растительной массы даже при благоприятных погодных условиях (обратная функциональная связь для растительности). В свою очередь уменьшение запасов пищи неминуемо ведет к сокращению численности травоядных (обратная функциональная связь для травоядных). С этой циклически замыкающейся цепочкой функциональных прямых и обратных связей пересекается цепочка аналогичных связей между травоядными и хищниками, регулирующая численность тех и других, а косвенно и растительности. При этом и численность хищников косвенно зависит от урожая зеленой массы. Из-за того что прямые и обратные влияния передаются с определенным запаздыванием, в системе возникают колебания численности организмов.

Специфика саморегулирования в системах с функциональными связями объясняет широкое распространение циклов в живой природе («циклы жизни»), в стихийно развивающейся экономике, в технических устройствах с автоматическим регулированием. «Циклы жизни», как и циклы в экономике, давно замечены и дали повод к многочисленным предположениям о неких загадочных связях меж-

ду процессами во Вселенной и жизнью на Земле. Изложенное выше позволяет сказать, что широкое распространение циклов в самых разнообразных процессах природы и общественной жизни является непосредственным выражением специфики обеспечения устойчивости соответствующих систем. Поиски разного рода загадочных совпадений между циклами различных систем (например, между циклами солнечной активности и экономическими кризисами в капиталистической экономике) большей частью не имеют научных оснований и относятся к области «научных мифов». В тех случаях, когда совпадения циклов различных систем действительно имеют место, они получают простое и разумное объяснение: если периоды собственных циклов двух систем близки по величине и системы находятся хотя бы в слабой связи, возникает хорошо известное в теории колебаний явление синхронизации. Так можно объяснить связь колебаний солнечной активности с 11-летним периодом, которые рождают крайне незначительные в энергетическом отношении изменения в атмосфере Земли, с некоторыми (не всеми) «циклами жизни»⁹.

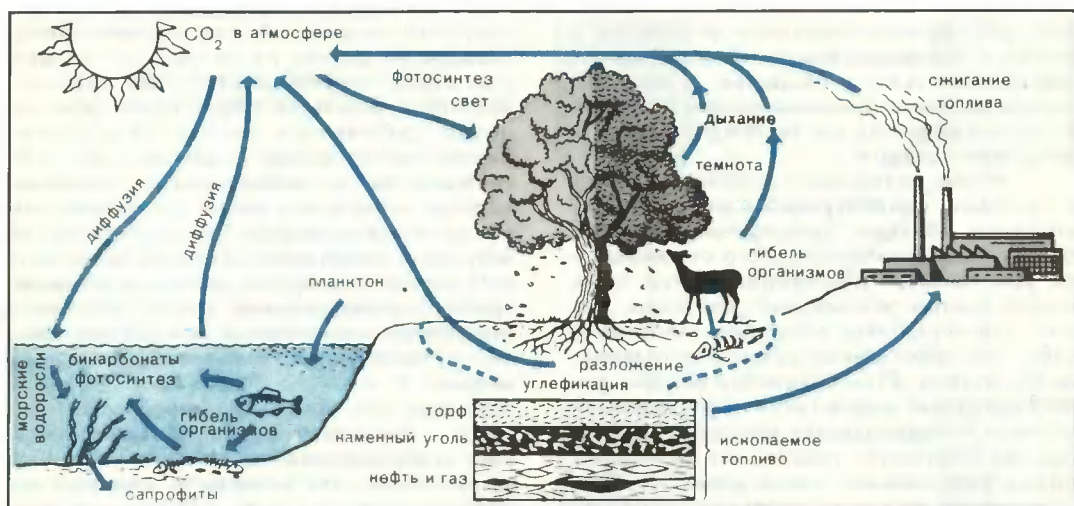
Важным условием устойчивости систем с функциональными связями выступает их **функциональная полнота**, выражающаяся в том, что в системе имеются все необходимые элементы, обеспечивающие функционирование друг друга и системы в целом. Динамичная система на основе «простого» взаимодействия должна рассматриваться как целое лишь в силу системного характера самодетерминации. Число и характер элементов в ней могут быть, вообще говоря, различными и определяться случайными обстоятельствами (например, число звезд в ассоциации или звездном скоплении). В отличие от этого системы с функциональными связями обладают специфической **функциональной целостностью** — в них, как правило, невозможны ни добавки, ни исключения элементов (организм или техническое устройство являются достаточно очевидными примерами такой целостности). Функциональные зависимости образуют замкнутые цепочки функциональных связей, совмещающие в себе единство противоположных процессов. Экосистема, на-

⁹ См. в связи с этим: Владимирский Б. М., Кисловский Л. Д. Солнечная активность и биосфера. М., 1982.

пример, а тем более биосфера в целом, блестяще реализуют принцип «безотходного производства», где каждый необходимый продукт какими-то элементами производится и каждый произведенный продукт жизнедеятельности кем-то ассимилируется. Суть современной экологической проблемы, вставшей перед человечеством, как раз в том и состоит, что общественное производство продукции функционально не замкнуто ни внутри себя, ни в сочетании с функциональ-

ментов, то в системах с функциональными связями дело обстоит противоположным образом: свойства элементов и характер их взаимодействия существенным образом детерминируются целостной системой. А это и означает, что традиционные методы построения теоретических моделей здесь уже неприменимы.

Свойство самодетерминации порождает не только сложные динамические формы устойчивости в виде гомеостаза или саморегулирования, но и способность



Замыкание функциональных связей в экосистеме (круговорот углерода).

ными связями природных экосистем — оно создает отходы, никем не потребляемые.

Функциональная полнота и целостность обеспечиваются сложившейся согласованностью функциональных связей, структура которых выражает закономерную, необходимую **организованность** систем данного типа. Системы с функциональными связями — это системы, обязательно обладающие **организацией**.

Природа связей в рассматриваемом типе систем такова, что свойства каждого элемента в значительной мере детерминируются характером функциональных связей во всей системе, их организацией. Если в динамических системах на основе взаимодействия системообразующее отношение и свойства всей системы детерминируются свойствами исходных эле-

ментов, то в системах с функциональными связями дело обстоит противоположным образом: свойства элементов и характер их взаимодействия существенным образом детерминируются целостной системой. А это и означает, что традиционные методы построения теоретических моделей здесь уже неприменимы. Свойство самодетерминации порождает не только сложные динамические формы устойчивости в виде гомеостаза или саморегулирования, но и способность

СИСТЕМЫ С УПРАВЛЕНИЕМ И ПОНЯТИЕ ИНФОРМАЦИИ

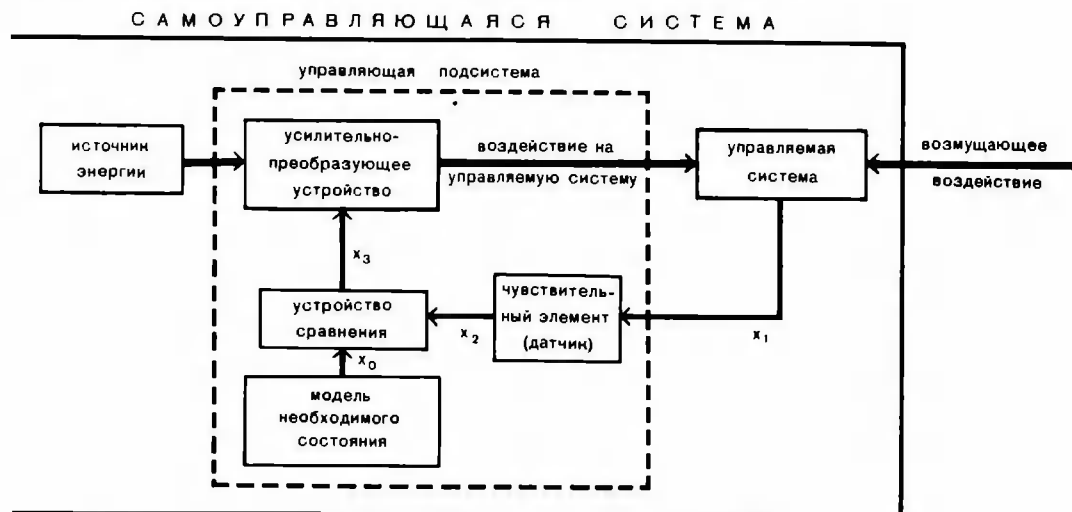
Особый класс среди систем с функциональными связями составляют системы с управлением. Управление выступает как специфическая форма внутренней самодетерминации и одновременно как способ обеспечения устойчивости сложной динамической системы. Оно осуществляется за счет усложнения организации системы с функциональными связями, а именно за счет выделения особой функ-

циональной подсистемы, назначение которой как раз и состоит в обеспечении процесса управления всеми остальными функциональными связями и системой в целом. Ничего подобного нет, например, в обычной экологической системе.

Хотя управление, несомненно, усложненный способ обеспечения устойчивости системы, оно дает важные преимущества перед описанными выше способами. В частности, управление позволяет кардинальным образом уменьшить колеба-

Рождение больших следствий при помощи малых причин становится возможным как благодаря использованию процессов «лавинного» типа, включаемых по принципу «спускового крючка», так и благодаря свойству «системного усиления» слабых изменений, присущему системам со сложными динамическими связями.

Вторая важная особенность состоит в том, что при возникновении малейшей неустойчивости в системе управляющая подсистема реагирует более быстрым и



Общая структура самоуправляющейся системы по П. К. Анохину. Сигнальные связи (черные стрелки) и обычные причинные воздействия (цветные трелки) образуют замкнутый контур. Самоуправляющаяся система в отличие от системы с внешним управлением включает в себя и управляющую подсистему (черный пунктир), и источник энергии как свои функциональные блоки. (x_0 — сигнал, отражающий «модель потребного будущего»; x_1 — сигнал отклонения состояния системы от равновесия; x_2 — преобразованный сигнал отклонения; x_3 — сигнал рассогласования.)

ия параметров, весьма значительные в системах с гомеостазом или саморегулированием. Преимущества управления возникают в силу ряда характерных особенностей этого способа обеспечения устойчивости. Попытаемся выделить хотя бы некоторые из них.

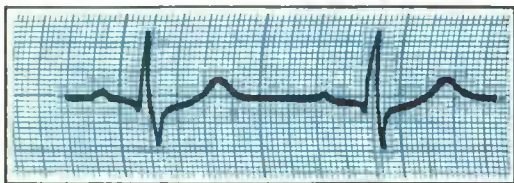
Первая и очень важная особенность состоит в том, что энергия управляющего воздействия много меньше энергии тех процессов, которыми оно управляет.

более значительным (с точки зрения ее собственного состояния) изменением, которое передается по управляющим связям и изменяет соответствующим образом энергетически более мощные связи в системе.

Обе особенности вместе взятые означают, что средством управления выступают сигналы. Сигнал и есть то слабое воздействие, которое сначала вызывает значительные изменения в состоянии управляющей подсистемы, опережающие возникновение значительной неустойчивости в основной системе. Сигнал есть также то слабое воздействие, при помощи которого управляющая система вызывает энергетически более значительные изменения в основной системе, возвращая ее к устойчивости при первых признаках отклонения.

Третья важная особенность состоит в том, что структура и состояние управляющей подсистемы определенным образом отражают то состояние основной системы, которое должно быть реализова-

но и поддерживаться посредством управления («модель потребного будущего», по терминологии Н. А. Бернштейна, или «акцептор результата действия», по терминологии П. К. Анохина, — эти понятия оказались необходимыми при изучении нервной деятельности как процесса управления поведением живого организма). Управляющая подсистема содержит в себе устройство сравнения, в котором сигнал управления вырабатывается на основе сопоставления сигналов от внешней среды и сигналов, отражающих внутреннее со-



Информация — это структура сигнала (участок электрокардиограммы).

стояние системы, с «моделью потребного будущего».

Мы далеко не исчерпали основные особенности организации процесса управления. Но сказанного уже достаточно, чтобы видеть принципиальное отличие управления от регулирования — ни одной из указанных особенностей в процессах обычного саморегулирования нет. Особенности процесса управления в своей взаимосвязи означают, что процесс управления имеет принципиальной основой получение, переработку, хранение и передачу информации. В связи с обсуждением философских проблем кибернетики неоднократно возникали споры по поводу точного содержательного смысла понятия информации, сферы его применения. Представляется, что отмеченные выше особенности процессов управления позволяют уточнить ответ на этот трудный вопрос. Надо только рассматривать информацию не изолированно, саму по себе, а в той системе отношений, в которой она функционирует, играя существенно важную роль (иначе говоря, нужен системный подход).

Как было выше отмечено, средством управления в системах выступают сигналы — специфические слабые воздействия, которые в силу свойства системного усиления оказывают существенное влияние на состояние и поведение сложной динамич-

ной системы. Но сигнал должен не просто изменить состояние системы каким бы то ни было образом, он должен изменить его соответственно «модели потребного будущего». А это значит, что сигнал несет в себе некий отпечаток параметров этой модели, или, иначе говоря, отражает в себе определенные ее характеристики (именно те, которые в данный момент важны для восстановления устойчивости системы). Аналогично «входной» сигнал, изменяющий состояние управляющей подсистемы соответственно изменившимся характеристикам внешней среды или внутреннего состояния основной системы, должен нести в себе следы, отпечатки, иначе говоря, отражение характеристик этих объектов. Если природа сигнального процесса, как это обычно бывает, задана, то отражать разнообразие характеристик среды, основной системы, «модели потребного будущего» может **структура сигнала**.

Информация — это структура материального процесса, выполняющего функцию сигнала в системе с управлением, структура, в которой отражены характеристики среды, системы, «модели потребного будущего», необходимые для управления.

Способностью выполнять сигнальную функцию, хранить или передавать информацию обладают любые материальные процессы. В. И. Ленин писал об общем свойстве отражения, присущем всей материи. Однако способность нести информацию функционально реализуется лишь в системах с управлением. При этом богатство характеристик, которое способен отразить сигнал, зависит от степени возможного (допустимого) разнообразия его структуры. Поэтому количество информации определяется в кибернетике как мера разнообразия.

★

Мы кратко охарактеризовали основные свойства сложных динамических систем нескольких типов. Читатель вправе спросить теперь: так в чем же состоит системный подход как общий метод познания сложных систем и управления ими? Мы полагаем, что из сказанного выше следует вывод: разнообразие принципиально отличающихся типов систем, зависящее в первую очередь от присущих им форм самодетерминации, обеспечивающих устойчивость и формирующих их свойства, заведомо обрекает на неудачу все попытки дать под видом общей методоло-

гии системного исследования некий универсальный абстрактно-формальный алгоритм описания «систем вообще». Необходима и плодотворна разработка многообразия теоретических моделей динамических систем различных типов — она составляет новое слово в методах решения определенных проблем в естественно-научных, технических, обществоведческих исследованиях второй половины XX в.

Основной теоретико-познавательный принцип диалектического метода Маркса гласит: абстрактной истины нет, истина всегда конкретна. Логика познания объекта должна соответствовать внутренней объективной «логике» предмета, т. е. законам его самодетерминации, самодвижения и развития. В применении к нашей теме это означает, что основные свойства динамических систем определенного типа характеризуют и основные требования к методам их познания и практического освоения. Если система столь динамична и внутренне связана, что ни один из параметров нельзя изменить по отдельности, то это не только свойство системы, но и требование системного метода ее познания. Исходя из этого должны строиться и математические модели такого рода объектов, если они допускают математическое описание. Если мы имеем дело с системой на основе функциональных связей, не надо пытаться понять процессы в ней с точки зрения представлений об обычных причинно-следственных взаимодействиях. Надо в центре внимания держать функциональные связи, принять во внимание требования функциональной полноты, циклической замкнутости функциональных связей, выделить подсистемы с взаимодополняющими функциями, выявить организацию такой системы. И это требует соответствующего обогащения понятийного аппарата науки. Соответственно усложняется математическая модель, если ее возможно построить. Если мы имеем дело с системой, устойчивость которой обеспечивается за счет самоуправления или внешнего управления, требуется новое обогащение языка науки, характера теоретических (и математических) моделей. Прежние методы причинного или функционального анализа оказываются здесь принципиально недостаточными. Понятия сигнала, информации, целевой программы («модели потребного будущего») выражают в этом случае новую, более высокую форму объективной детерминации процессов.

Таким образом, для понимания зако-

номерностей поведения систем каждого из реально существующих типов важно выявить форму самодетерминации, способ обеспечения устойчивости, используя адекватные сути дела научные понятия. Выработка таких систем научных понятий предполагает обращение к арсеналу философских категорий и принципов. В свою очередь развитие системных исследований обогащает содержание философского знания: новым содержанием наполняются принцип всеобщей взаимосвязи и взаимообусловленности, учение о детерминизме, принцип развития, теория отражения, учение о формах и методах современного научного познания.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аверьянов А. Н. СИСТЕМА: ФИЛОСОФСКАЯ КАТЕГОРИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ. М.: Мысль, 1976.

Анохин П. К. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. М.: Наука, 1978.

Афанасьев В. Г. СИСТЕМНОСТЬ И ОБЩЕСТВО. М.: Политиздат, 1980.

Афанасьев В. Г. ОБЩЕСТВО: СИСТЕМНОСТЬ, ПОЗНАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ. М.: Политиздат, 1981.

Блауберг И. В., Юдин Э. Г. СТАНОВЛЕНИЕ И СУЩНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА. М.: Наука, 1973.

Кузьмин В. П. ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ В ТЕОРИИ И МЕТОДОЛОГИИ К. МАРКСА. М.: Политиздат, 1980.

Садовский В. Н. ОСНОВАНИЯ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ. М.: Наука, 1974.

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Ежегодники. 1969—1981. М.: Наука.

Уемов А. И. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ. М.: Мысль, 1978.



Первое в СССР рождение гепардов в неволе

Р. П. Игнатьев

Москва

31 декабря 1981 г. ранним утром зоотехник секции млекопитающих Московского зоопарка, как обычно, зашел проводить гепардов и вдруг услышал птичье чириканье. Необычные звуки доносились из клетки, в которой находилась самка Нанга. Включив фонарь, зоотехник увидел на деревянном настиле маленькие, пушистые, грязновато-белесые комочки. Этой ночью окотилась Нанга и теперь, лежа рядом со слепыми и беспомощными котятами, спокойно поглядывала то на человека, то на своих детенышей, которые неуклюже тыкались в ее живот и громко чирикали.

3 января 1982 г. чириканье раздавалось уже и из другой

Самка гепарда Мери с шестью котятами.

клетки, где жила самка Мери. У нее в это утро появилось сразу шесть котят! Случай поистине редкий.

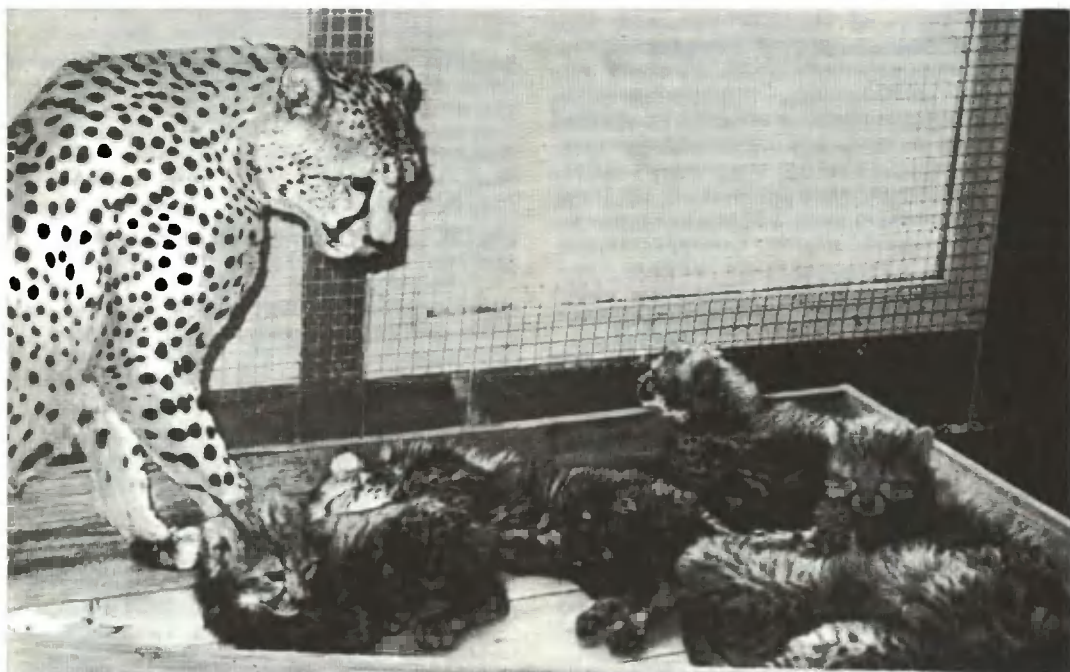
Гепард (*Acinonyx jubatus*) — очень редкое животное, находящееся на грани исчезновения. Он внесен в «Красную книгу Международного союза охраны природы» и «Красную книгу СССР». Когда-то его ареал в нашей стране охватывал равнины Средней Азии в Закаспийской области и пустыни Южного Казахстана. Но уже к 40—50-м годам гепард постоянно встречался только на юге Туркмении, а за 1973—1975 гг. никаких сведений о его пребывании на территории СССР нет. Полностью исчез гепард и в Индии. Резко сократилась численность этого вида в Афганистане и Пакистане. Лишь на охраняемых территориях Африки и на северо-западе Ирана гепарды еще сохранились.

Гепарда относят к семейству кошачьих, но он имеет признаки, которые выделяют его

среди других представителей этого семейства в отдельный род: несколько удлиненное туловище, высокие тонкие конечности с большими, тупыми, вытягивающимися только частично когтями.

Охотится гепард днем на открытой местности. Подкравшись к добыче, он делает резкий бросок и преследует свою жертву, развивая с первых же метров максимальную скорость, до 110 км в час. Это одно из самых быстрых животных. Не случайно в древние времена гепардов приручали и охотились с ними, как с борзыми.

Основная добыча азиатского подвида гепарда, обитавшего на территории СССР, — джейраны, сайгаки, туркменские горные бараны и другие копытные животные. Резкое сокращение их численности в местах обитания зверя привело к уменьшению количества гепардов. Другая причина исчезновения гепарда — его отстрел,



который долгое время не был запрещен: его убивали ради красивой шкуры, а иногда и просто из охотничьего азарта. Особенно усердствовали в отстреле участники различных экспедиций: на высокопроходимом автотранспорте с нарезным оружием в руках они уничтожали большую часть гепардов. И вот теперь встал вопрос о восстановлении численности гепарда.

В ноябре 1978 г. в Бадхызском заповеднике (Туркмения) состоялось заседание научно-технического совета, посвященное реакклиматизации азиатского подвиды гепарда (*A. j. venaticus*) в СССР. Здесь же был выработан проект «Гепард», для осуществления которого прежде необходимо было создать племенные группы в зоопарках. К сожалению, пока еще рано говорить о реакклиматизации гепарда в нашей стране, ведь отечественные зоопарки получают не азиатский, а африканский подвид (*A. j. jubatus*) этих животных. Прежде необходимо заняться содержанием и разведением зверя, обитающего в Иране, а уж потом создавать на юге Туркменской ССР специальный заповедник для охраны выпущенного туда гепарда, одновременно восстановив численность туркменского горного барана.

Больших успехов в разведении гепардов в неволе добились в Научно-исследовательском центре «Де Вильдт» (при зоопарке Претории, ЮАР). В этом питомнике гепарды начали регулярно размножаться с 1975 г. Но в первый же год из 23 родившихся детенышей выжило только 7, поскольку гепардов, в том числе и беременных самок, содержали на большой территории без каких-либо укрытий. В таких громадных вольерах самки с котятами не могли спрятаться от ненастья, а после тропических ливней они покидали детенышей. Сотрудники же питомника практически не могли регулярно заботиться о брошенном потомстве. Когда беременных самок перевели в меньшие по размерам вольеры и построили домики, они сами выкармливали и воспитывали всех рожденных котят. Сейчас в центре «Де Вильдт» живут и раз-

множаются около 100 гепардов; молодых животных, рожденных и выращенных в питомнике, готовят к выпуску в природу.

В зоопарках мира сейчас содержится 500 гепардов, из них 251 родился в неволе.

В зоопарках нашей страны живут более 20 гепардов. В Московском зоопарке они появились почти 2 года назад. Учитывая, что эти животные очень подвижны и в природе ведут кочевой образ жизни, покрывая огромные расстояния, еще задолго до поступления гепардов здесь были построены большие вольеры, а в их центре установлены утепленные домики. Все лето и осень зверей (двух самок и одного самца) содержали в открытой вольере. Интересно, что зимой эти теплолюбивые животные, привезенные из Намибии (Южная Африка) и впервые увидевшие снег, спокойно разгуливали по заснеженной вольере, будто провели в наших северных широтах всю жизнь.

Первый приплод ожидался в начале января, поэтому со второй половины декабря были подготовлены помещения для родов. Каждая самка получила отдельную клетку с наглухо закрытыми ставнями. На полу родильной комнаты был поставлен деревянный настил с бортиками. Одна из самок — Нанга — никак не хотела входить в темную клетку, и, чтобы она успокоилась, пришлось бросить туда кусок мяса. Но осторожная Нанга, оглядевшись, взяла его и вернулась в открытую вольеру. Возникло опасение, что она родит на холодном бетонном полу или на довольно высоко укрепленной полке и детеныши могут погибнуть. Но все обошлось благополучно: незадолго до родов Нанга все же поселилась в клетку и принесла четырех котят.

В отличие от Нанги Мери сразу же тщательно обследовала родильную комнату, но не осталась там и до самых родов больше не заходила в клетку. Вела она себя спокойно, то ложилась на бетонный пол, то вставала на полку, без конца издавала лающую-мяукающие звуки. А утром 3 января прошлого года лежала на деревянном настиле родильной комнаты с шестью еще мокрыми котятами.

Первые дни беспомощные и слабые детеныши во время сосания громко чмокали и урчали, а насытившись, расплзались по настилу и засыпали. На 9-10-й день у котят открылись глаза, они стали подниматься на передние лапы и пробовали играть с матерью.

Спустя 5 недель котят, по-прежнему продолжая сосать мать, начали есть мясо. С этого времени для них стали готовить специальную корм из мяса, молока, яиц, добавляя витамины и минеральные соли.

Короткошерстные длинноногие гепарды рожают детенышей, у которых спинка и бока покрыты довольно длинным пушистым мехом, и только на брюшке желтоватая с темными пятнами шерсть короткая. Лапы же широкие и короткие. В четыре месяца котят по экстерьеру стали похожи на взрослых гепардов: на плечах у них слегка обозначилась грива, лапы стали длиннее, в движениях появилась пластика и грация, свойственные родителям. Теперь подросшие котята много двигались, играли друг с другом или атаковали мать. Когда она отдыхала, котята забирались к ней на голову, лихо носились по спине и азартно гонялись за материнским хвостом. От чересчур разрезвившихся детенышей самки спасались обычно на полках, куда малыши не могли пока залезть.

Обе самки оказались заботливыми матерями: они старательно вылизывали малышей, пока те сами не научились следовать за собой, и оберегали свое потомство. Если в помещении с гепардами появлялся человек, особенно посторонний, обе самки как по команде одновременно делали резкие выпады в его сторону, грозно рычали и били лапами по сетке. В то же время они тихо мяукали, успокаивая котят, которые и сами, увидев человека, недовольно шипели и неумело делали «выпады».

Сейчас в Московском зоопарке живут 5 взрослых гепардов, а часть молодых, рожденных в прошлом году, отправили в другие зоопарки страны. Работа по разведению этих редких животных в неволе будет продолжаться.

Электроны в сверхсильном магнитном поле

И. М. Тернов, В. Р. Халилов



Игорь Михайлович Тернов, доктор физико-математических наук, профессор, первый проректор и заведующий кафедрой теоретической физики физического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Основные научные результаты относятся к физике высоких энергий, синхротронного излучения, квантовой электродинамике. Автор монографий: Релятивистский электрон. М., 1974 (совместно с А. А. Соколовым); Точные решения релятивистских волновых уравнений. Новосибирск, 1982 (совместно с В. Р. Халиловым). Один из авторов открытия эффекта радиационной самополяризации электронов и позитронов в магнитном поле. Лауреат Государственной премии СССР.



Владислав Рустемович Халилов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики физического факультета МГУ. Область научных интересов — квантовая электродинамика, общая теория относительности, теория квантовых процессов в сильных полях. Автор монографии: Точные решения релятивистских волновых уравнений. Новосибирск, 1982 (совместно с И. М. Терновым).

Интерес к проблемам, связанным со свойствами квантовых систем в сильном поле¹, возник еще в 30-е годы. В последнее время эти вопросы вновь оказались в центре внимания благодаря обнаружению в космосе магнитных полей с гигантскими напряженностями и перспективам получения сильных электромагнитных полей при столкновениях интенсивных пучков заряженных частиц в лабораториях.

Уже сейчас возникла необходимость отодвинуть границы исследований физи-

ческих явлений в область таких напряженностей полей, которые совсем недавно были не только недоступными, но и казались экзотическими. Сравнение же результатов, полученных в рамках квантовой электродинамики для сильного внешнего поля, с данными астрофизических наблюдений позволяет проверить правильность выводов теории и границы ее применимости для описания поведения квантовых объектов в экстремальных условиях. Это имеет тесную связь с проблемами, возникающими в свободной (без внешнего поля) квантовой электродинамике на сверх-малых расстояниях ($\sim 10^{-15}$ м).

Изучение различных физических процессов вблизи пульсаров усиливает интерес

¹ Сильным мы будем называть такое поле, влияние которого на состояние электрона не может рассматриваться как возмущение и должно описываться точно.

и к хорошо известному явлению — синхротронному излучению, уникальные свойства которого, например для идентификации астрофизических объектов, не раз привлекали внимание ученых.

Но прежде несколько слов о сверхсильном поле и об описании его взаимодействия с частицами вещества.

ЧТО ТАКОЕ СВЕРХСИЛЬНОЕ ПОЛЕ?

Результаты наблюдений жесткого рентгеновского излучения от пульсара Геркулес X-1 приводят к заключению о том, что индукция магнитного поля у поверхности пульсара имеет значения $B_n \approx 5-6 \cdot 10^{12}$ Гс. Это «замороженное» в нейтронную звезду² поле должно усиливаться с ростом плотности вещества ρ по мере приближения к ее центру по закону $B=B_n(\rho/\rho_n)^{2/3}$, где $\rho_n \sim 10^6$ г/см³ — плотность вблизи поверхности звезды. Обычно принимается, что около центра нейтронной звезды плотность $\rho_c \sim 10^{14}$ г/см³; тогда по оценкам³ индукция поля в центральной ее части достигает колоссальной величины $B_c \sim 10^{17}$ Гс.

Вне пульсара магнитное поле убывает, как поле магнитного диполя $B=B_n(R/r)^3$, где радиус нейтронной звезды $R \sim 10$ км.

Так как нас будет интересовать поведение в сильном поле простейших квантовомеханических объектов (электронов и атомов), размеры которых $L \ll R$, это поле можно считать однородным.

Несколько неожиданным может показаться утверждение, что магнитные поля с напряженностями такого же порядка могут быть получены в лабораторных условиях. Такие поля должны возникать при нецентральных столкновениях очень тяжелых ионов. Действительно, напряженность H магнитного поля кругового тока, возникающего при таком столкновении ионов, нетрудно оценить по известной формуле Био—Савара—Лапласа⁴:

$$H(r) = \frac{IR_0^2}{2c(R_0^2 + r^2)^{3/2}},$$

где R_0 — радиус «петли с током», r — расстояние от оси симметрии до точки, в которой производится измерение, c — скорость

света, $I = (Z_1 + Z_2)ev/2\pi R_0$ — ток ионов, Z_1 и Z_2 — их заряды, отнесенные к заряду электрона e , а v — относительная скорость. Полагая $Z_1 + Z_2 = 174$, $v = 0,1$ с и $R_0 = 15$ фм (1 фм = 10^{-15} м), найдем, что на оси симметрии ($r=0$) напряженность поля $H(0) \approx 3 \cdot 10^{13}$ Гс. Заметим, что эксперименты с тяжелыми ионами, суммарный заряд которых равен 174, уже ведутся с целью обнаружения эффекта спонтанного рождения позитронов кулоновским полем⁵. Следует оговориться, однако, что такие поля, могут быть созданы лишь в микроскопических объемах, причем даже на расстояниях от оси симметрии порядка комптоновской длины волны электрона ($\lambda_c = \hbar/mc \approx 4 \cdot 10^{-13}$ м; $\hbar$ — постоянная Планка, m — масса электрона) напряженность поля примерно в 10^4 раз меньше.

Мы сначала рассмотрим взаимодействие электрона только с классическим электромагнитным полем. Напряженности такого поля определяются из уравнений Максвелла с заданными внешними токами. Это поле отличается от квантованного тем, что на него не влияет взаимодействие с частицами вещества.

Величины с размерностями напряженностей электромагнитного поля можно построить из фундаментальных физических постоянных

$$E_k = H_k = m^2 c^4 / e^3 \approx 6 \cdot 10^{15} \text{ Гс};$$

$$E_c = H_c = m^2 c^3 / e \hbar = E_k \alpha \approx 4,4 \cdot 10^{13} \text{ Гс},$$

где $\alpha = e^2/\hbar c \approx 1/137$ — так называемая постоянная тонкой структуры. Величина E_k определяет границу применимости классической электродинамики к описанию электрона и представляет собой напряженность электрического поля, создаваемого электроном на расстоянии, равном его классическому радиусу ($r_0 = e^2/mc^2 \approx 3 \cdot 10^{-15}$ м), $E_k = e/r_0$. Работа, совершаемая однородным полем напряженности E_k при перемещении точечного электрона на расстояние r_0 , равна энергии покоя электрона mc^2 .

Создание такого поля в объеме $V = 1$ см³ потребовало бы огромных затрат энергии $U = VE_k/8\pi$, эквивалентной энергии покоя тела массой более тысячи тонн.

Для описания квантовых явлений в сильных полях необходимо использовать квантовую механику Дирака, так как из приведенных выше оценок следует, что

² О связи пульсаров с нейтронными звездами см.: Сюняев Р. А., Шакура Н. И. Жизнь умирающих звезд. — Природа, 1975, № 10.

³ Киржниц Д. А. — Международная конференция по физике тяжелых ионов. Дубна, 1971, с. 1.

⁴ Soff G., Reinhardt J., Greiner W. — Phys. Rev. A, 1981, v. 23, № 2, p. 701.

⁵ Попов В. С. Квантовая электродинамика сверхсильных полей. — Природа, 1981, № 10.

в таких полях характерный масштаб энергий электрона порядка mc^2 . Напомним, что любая релятивистская квантовая теория неизбежно сталкивается с проблемой интерпретации отрицательных значений энергии, возникающих при извлечении квадратного корня из релятивистского соотношения между энергией частицы ϵ и ее импульсом p

$$\epsilon^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4. \quad (1)$$

В квантовой теории отбросить отрицательные значения нельзя, так как волновой пакет, с помощью которого описывается электрон, локализованный в конечной области пространства в начальный момент времени $t=0$, будет содержать при $t>0$ состояния с обоими знаками энергии. Оказывается, что вклад состояний с отрицательными энергиями становится особенно существенным, если мы попытаемся локализовать релятивистский электрон в области с линейными размерами порядка комптоновской длины волны λ_c . Но как раз на этой длине однородное поле E_c совершает работу по перемещению точечного электрона, равную mc^2 . Поэтому поля с напряженностями порядка E_c или H_c мы будем называть сверхслабыми. Как мы покажем ниже, в полях $E \sim E_c$, $H \sim H_c$ значительную роль играют не только релятивистские, но и квантовые эффекты. Следует оговориться, что квантовые эффекты необходимо учитывать и в более слабых полях при локализации электрона в области с линейными размерами $L < \lambda_c$.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ВАКУУМ

Предположим, что реальных электронов, энергия которых удовлетворяет соотношению (1), в поле нет. В этом случае говорят о вакууме электронного поля. Согласно интерпретации Дирака, вакуум есть такое состояние электронного поля, в котором уровни с положительной энергией свободны, а все уровни с отрицательной энергией заняты и образуют ненаблюдаемый фон (дираковское море), т. е. энергия вакуума равна $-\infty$.

Физически наблюдаемые величины в квантовой теории строятся из матричных элементов соответствующих операторов между стационарными состояниями поля, поэтому бесконечная энергия вакуума не должна нас беспокоить, так как она входит в энергии обоих состояний, а матричный элемент зависит лишь от их разности. Поле оказывает воздействие на ва-

куум, в результате чего его энергия изменяется. Это происходит из-за того, что электроны, находящиеся на уровнях с отрицательными энергиями (такие частицы называются вакуумными или виртуальными; для них соотношение (1) не имеет места), приобретают в электрическом поле потенциальную энергию. Таким образом, возникает новое состояние — вакуум во внешнем поле. Энергия виртуальных электронов в поле отличается от энергии вакуума (в отсутствие поля) на конечную, в общем случае комплексную, величину ΔU .

Комплексность энергии означает, что состояние вакуума нестационарно, т. е. плотность вероятности этого состояния зависит от времени. Причина нарушения стационарности связана с рождением из вакуума пар, состоящих из реального электрона и дырки в дираковском море, которая эквивалентна реальному позитрону — частице с положительной энергией и зарядом, противоположным заряду электрона.

Оказывается, что мнимая часть ΔU отлична от нуля только при наличии электрического поля. В магнитном поле сколь угодно большой напряженности вакуум устойчив по отношению к рождению электрон-позитронных пар.

ЭЛЕКТРОН В СВЕРХСИЛЬНОМ ПОЛЕ

Состояние электрона в магнитном поле с большой напряженностью описывается волновой функцией, являющейся решением уравнения Дирака, в котором взаимодействие электрона с полем учитывается точно. Нас будут интересовать стационарные состояния с действительными энергиями

$$\epsilon_n = (m^2 c^4 + p_{\parallel}^2 c^2 + 2ehc\hbar n)^{1/2}. \quad (2)$$

Квантовое число n характеризует радиус классической орбиты вращения электрона в поперечной к вектору $\vec{H}$ плоскости (для определенности считаем, что $\vec{H}$ направлен вдоль оси z), $p_{\parallel}$ — проекция импульса электрона на направление поля.

В цилиндрической системе координат ($\varrho = (x^2 + y^2)^{1/2}$, $\varphi = \arctg y/x$, z), начало которой помещено в центр классической траектории электрона, распределение различных значений координаты вдоль оси, направление которой задается ортом $\vec{p}_0$, представляет собой гауссоиду $\exp(-\varrho^2/\Delta R_i^2)$. Для основного состояния, а также малых n ее ширина (размер

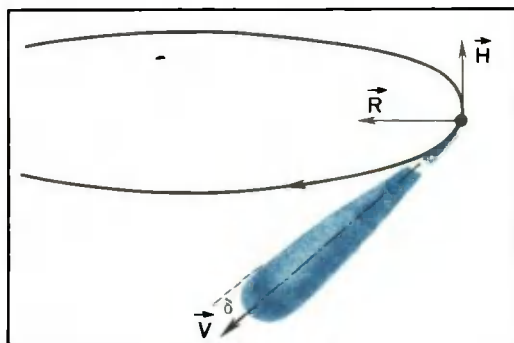
области локализации волнового пакета, описывающего электрон, в плоскости, перпендикулярной $\vec{H}$, при $t=0$) по порядку величины равна $\Delta R_1 \sim \lambda_c^2 \cdot H_c/H$, т. е. при $H > H_c$ величина ΔR_1 становится меньше комптоновской длины волны электрона! Следовательно, основное и низшие возбужденные состояния электрона в сверхсильном магнитном поле в этой плоскости сильно локализованы.

ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Согласно классической электродинамике, электрон с энергией ϵ , движущийся в постоянном и однородном магнитном поле $\vec{H}$ по круговой орбите радиуса R , должен излучать электромагнитные волны с частотами ω , кратными частоте обращения электрона по орбите $\omega_0 = e\hbar H/\epsilon$. Это излучение, впервые наблюдавшееся в циклическом ускорителе электронов — синхротроне, получило название синхротронного⁶. Одной из его характерных особенностей является наличие в непрерывном спектре излучения максимума, который приходится на область высоких частот $\omega_m \sim (\epsilon/mc^2)^3 \cdot \omega_0$. Из теории синхротронного излучения следует, что роль квантовых эффектов для $H \ll H_c$ и энергий электрона, значительно превышающих его энергию покоя⁷, определяется параметром $\chi = (H/H_c)(\epsilon/mc^2)$, содержащим $\hbar$. При $\chi \ll 1$ излучение хорошо описывается классической теорией. Это становится понятным, если учесть, что параметр характеризует отдачу, испытываемую электроном при излучении им фотона с частотой, близкой к максимуму спектральной интенсивности излучения, рассчитанной по классической теории, т. е. $\chi = \hbar\omega_m/\epsilon$.

Для малых величин H/H_c движение электрона квазиклассично, т. е. квантование уровней энергии (и движения электрона в поперечной к $\vec{H}$ плоскости) несущественно. Классическая часть синхротронного излучения подробно изучена как теоретически, так и экспериментально. Электроны, движущиеся по одной плоской траектории, испускают электромагнитное излучение с высокой степенью

линейной поляризации. Если точка наблюдения излучения лежит в плоскости круговой орбиты электрона, наблюдатель должен регистрировать полностью линейно-поляризованное излучение, электрический вектор которого направлен вдоль радиуса этого круга. Излучение сосредоточено в узком конусе вокруг мгновенного положения вектора скорости электрона и направлено вперед по движению. Такое распределение возникает вследствие эффекта Доплера. Синхротронное излучение релятивистских электронов



Пространственное распределение синхротронного излучения релятивистской частицы в лабораторной системе. Излучение сосредоточено в узком конусе с углом $\delta \sim mc^2/\epsilon$ вокруг направления мгновенной скорости $\vec{V}$, перпендикулярной направлению магнитного поля $\vec{H}$ и радиусу орбиты $\vec{R}$.

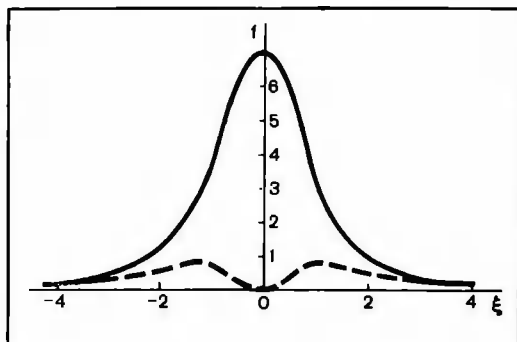
приводит к возникновению поперечной (по отношению к направлению движения) поляризации электронного пучка, иными словами, спины электронов ориентируются преимущественно против направления поля⁸. Этот эффект имеет большое значение для физики высоких энергий. В лабораторных условиях время t , необходимое для установления поляризации пучка, порядка 1 часа для энергий электронов $\epsilon \sim 10^3 mc^2$ и полей $H \sim 10^{-9} H_c$. При этом пучок оказывается поляризованным на 96%. В течение этого времени энергию электрона нужно поддерживать неизменной. Огромная (по масштабам микромира) величина времени t связана с чрезвычайной медленностью переворота спина электрона, обусловленного его взаимодействием с полем вакуумных фотонов. Такой переход представляет

⁶ На важную роль этого излучения в ускорителях впервые обратили внимание в 1944—1945 гг. Л. А. Арцимович, Д. Д. Иваненко и И. Я. Померанчук.

⁷ Здесь и в дальнейшем используется система отсчета, в которой движение электрона вдоль поля отсутствует.

⁸ Соколов А. А., Тернов И. М. — Доклады АН СССР, 1963, т. 153, с. 1053.

собой чисто квантовое явление, но поскольку в области $\chi < 1$ роль квантовых эффектов еще незначительна, вероятность этого процесса оказывается очень малой, а соответствующее время релаксации большим. Поэтому ясно, что поляризованные электроны при $\chi < 1$ можно получить только в накопительных кольцах, так как в этих установках электроны в течение длительного времени могут удерживаться на круговых орбитах с постоянной энергией. В накопительных кольцах потери энергии электронов на излучение компенсируются с по-



Интенсивность I синхротронного излучения с различной поляризацией как функция угла θ , отсчитываемого от плоскости орбиты. По оси абсцисс отложена величина $\xi = (e/mc^2)\cos\theta$. Вектор $\vec{E}$ поля излучения лежит в плоскости, перпендикулярной направлению напряженности внешнего магнитного поля $\vec{H}$ (сплошная кривая), или параллелен $\vec{H}$ (пунктир).

мощью высокочастотного электрического поля. Поляризованные пучки электронов и позитронов были получены с помощью синхротронного излучения в накопительных кольцах Института ядерной физики СО АН СССР, а также в научных центрах Гамбурга, Орсе, Станфорда.

Использование поляризованных электрон-позитронных пучков в различных физических экспериментах открывает возможности исследования весьма тонких эффектов, связанных с квантовой характеристикой — спином частицы. Значение эффекта самополяризации электронных и позитронных пучков в накопительных кольцах для физики высоких энергий трудно переоценить.

В сильных полях (удовлетворяющих тем не менее условию $H < H_c$) и при высоких энергиях электронов, соответствующих значениям $\chi > 1$, время τ уменьшается.

Расчеты показали, что степень поляризации при $\chi \sim 1$ может быть близкой к единице⁹.

В области $\chi > 1$ основной член в выражении для интенсивности синхротронного излучения имеет вид¹⁰:

$$W(\chi) \sim \alpha \hbar^{-1} m^2 c^4 \chi^{2/3}.$$

При этом излучаются γ -кванты с энергиями вплоть до ε_n , определяемой соотношением (2). Оказывается, что при $\chi > 1$ интенсивность и степень линейной поляризации излучения заметно уменьшаются по сравнению со случаем малых χ .

В настоящее время синхротронное излучение вызывает все возрастающий интерес благодаря его многочисленным применениям в разнообразных физических экспериментах, а также для технических нужд. В связи с этим встает вопрос о том, насколько при описании его свойств необходимо учитывать квантовые свойства поля излучения. Вообще говоря, априори ясно, что вследствие квантовой природы синхротронного излучения рассмотрение его как непрерывного классического поля не вполне корректно. Поэтому было бы чрезвычайно интересно получить экспериментальные подтверждения квантового характера явления. Но из теории следует, что квантовые поправки к интенсивности излучения будут заметны только при достаточно больших χ , т. е. для электронов с огромными энергиями и очень сильных магнитных полей. Однако еще в 1953 г. А. А. Соколов и И. М. Тернов обратили внимание на эффект отдачи, испытываемой электроном при излучении им жестких γ -квантов. Важно, что этот эффект, косвенно подтверждающий квантовые свойства синхротронного излучения, должен проявляться и при сравнительно низких энергиях электронов. Это квантовое явление можно пояснить следующим образом. Число жестких фотонов, излученных релятивистским электроном на участке длины L , по порядку величины равно:

$$W(\chi)/\hbar\omega_m \sim (H/H_c) \cdot (L/\lambda_c).$$

Эти фотоны определенным образом влияют на движение электрона, приводя к

⁹ Лобанов А. Е., Родионов В. Н., Тернов И. М., Халилов В. Р. — ТМФ, 1980, т. 45, № 3, с. 377.

¹⁰ Клепиков Н. П. — ЖЭТФ, 1954, т. 26, с. 19; Соколов А. А., Матвеев А. Н. — ЖЭТФ, 1956, т. 30, с. 126.

специфическому уширению траектории электронного пучка. Под влиянием классической силы радиационного трения (вклад мягких фотонов) физические величины, характеризующие состояние электрона (импульс, энергия), изменяются плавно; эффект же уширения — существенно квантовый, связанный с отдачи. Отдача, которую испытывает электрон на орбите в результате излучения жестких фотонов, проявляется как квантовая флуктуация соответствующей величины, определяющей его состояние. Возникающее вследствие флуктуации радиуса орбиты уширение электронного пучка даже при относительно небольших отношениях $\hbar\omega_m/\varepsilon$ оказывается значительным и доминирует над всеми другими квантовыми эффектами. Это уширение наблюдалось экспериментально, в частности, на синхротроне Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР Ф. А. Королевым, А. Г. Ершовым и О. Ф. Куликовым в 1960 г. и на ускорителе «Сириус» (Томск) А. А. Воробьевым и др. в 1968 г.

Возвращаясь к проблеме излучения электронов, движущихся в магнитном поле пульсара¹¹, следует отметить, что, по-видимому, область $\chi \gg 1$ не должна давать заметного вклада в полную светимость звезды, так как для реализации значений $\chi \gg 1$ даже в поле $B_0 \sim 5 \cdot 10^{12}$ Гс электроны должны иметь ультрарелятивистскую поперечную энергию, а по существующим оценкам электронов с такой энергией вблизи поверхности пульсаров очень мало.

РАДИАЦИОННЫЕ ПОПРАВКИ В СИЛЬНОМ ПОЛЕ

Мы обсудили влияние классического магнитного поля на движение электрона. Перейдем теперь к рассмотрению более сложного и интересного вопроса о взаимодействии электрона, помещенного во внешнее поле, с квантованным электромагнитным полем излучения, находящимся в основном состоянии (без реальных фотонов). Такое состояние называют электромагнитным вакуумом.

Квантовомеханические средние от операторов напряженностей электрического и магнитного полей по состоянию ваку-

ума $\langle \hat{E}(t, \vec{r}) \rangle = \langle \hat{H}(t, \vec{r}) \rangle = 0$, но, например, величины $\langle \hat{E}^2(t, \vec{r}) \rangle$ и $\langle \hat{H}^2(t, \vec{r}) \rangle$ отличны от нуля. Поэтому энергия основного состояния

этого поля также не равна нулю. Взаимодействие электрона, находящегося во внешнем поле, с полем излучения приводит к наблюдаемым эффектам.

Наглядную интерпретацию этого взаимодействия можно дать с помощью виртуальных частиц. Электрон, движущийся во внешнем поле, в момент времени t в точке $\vec{r}$ с некоторой вероятностью распадается на виртуальные электрон и фотон, а в момент времени t' в точке $\vec{r}'$ виртуальный электрон может поглотить виртуальный фотон, возвращаясь в реальное состояние. Характерное время пребывания частиц в виртуальном состоянии Δt очень мало. По порядку величины для Δt получается такая оценка

$$\Delta t \sim \frac{\lambda_c}{c} \approx 1,3 \cdot 10^{-21} \text{ с.} \quad (3)$$

Но состояние электрона при этом изменяется! Возникают так называемые радиационные поправки к движению электрона.

Действительная часть этих поправок определяет сдвиг уровней энергии электрона во внешнем поле и может быть представлена в виде поправок к массе электрона. Классическим примером такого рода эффектов является знаменитый лэмбовский сдвиг уровней энергии электрона в атоме водорода, хорошо изученный экспериментально¹². В случае движения в магнитном поле величина, которую удобно измерять в экспериментах, — это радиационная поправка к боровскому магнитному моменту электрона $\mu = -e\hbar/2mc$, т. е. его аномальный магнитный момент μ_a . Прекрасное согласие теоретических результатов, полученных для лэмбовского сдвига и аномального магнитного момента, с данными экспериментов представляет собой одно из убедительных подтверждений правильности предсказаний квантовой электродинамики для умеренных энергий и внешних полей.

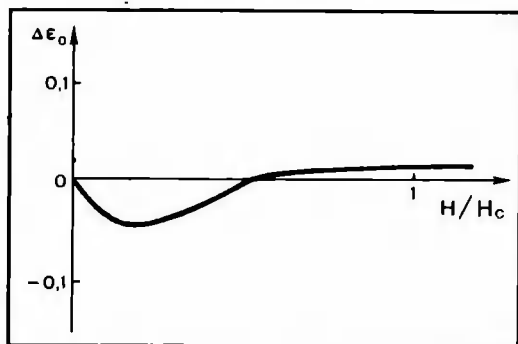
Движение электрона во внешнем поле с учетом радиационных поправок следует описывать модифицированным уравнением Дирака, называемым уравнением Дирака—Швингера.

¹² Лэмбовский сдвиг представляет собой отклонение уровней энергии водородоподобных атомов от значений, предсказываемых релятивистской квантовой механикой Дирака, и объясняется в рамках квантовой электродинамики радиационными поправками, обусловленными испусканием электроном, находящимся в поле ядра, виртуальных фотонов и, кроме того, возможностью рождения и аннигиляции в вакууме виртуальных электрон-позитронных пар (так называемой поляризацией вакуума).

¹¹ Величина напряженности магнитного поля пульсара Геркулес X-1 была оценена по регистрируемой частоте излучения электронов.

Это уравнение содержит дополнительные члены, которых нет в уравнении Дирака, и в частности поправку к энергии, которую можно интерпретировать как энергию взаимодействия аномального магнитного момента электрона μ_a с внешним магнитным полем H .

Известно, что подобный член присутствует в уравнении Паули, в котором аномальный магнитный момент представляет собой константу, не зависящую от энергии частицы и напряженности магнитного поля и иногда отождествляемую со швин-

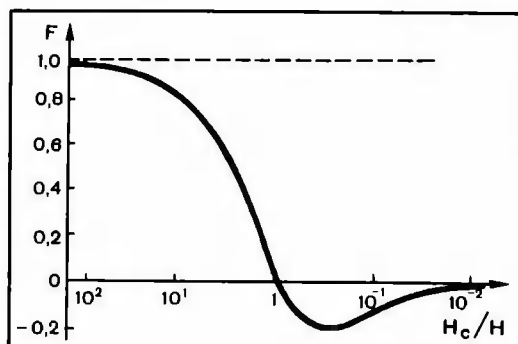


Зависимость радиационной поправки к энергии основного состояния электрона $\Delta\epsilon_0$ от отношения H/H_c .

геровской добавкой $\mu_s = \frac{\alpha}{2\pi} \mu$ к боровскому магнитному моменту электрона. Взаимодействие μ_a с полем в уравнении Паули описывается феноменологически и является локальным. В уравнении Дирака—Швингера аномальный магнитный момент имеет динамическую природу, а порождающее его взаимодействие оказывается нелокальным. При этом выясняется, что $\mu_a = \mu_s$ лишь в нерелятивистском пределе и слабом поле. В сильном магнитном поле и при высоких энергиях электрона радиационные поправки к его энергии и магнитному моменту обнаруживают существенную зависимость от напряженности поля и энергии электрона и могут стать значительными.

Расчеты показывают, что как поправка к энергии, так и аномальный магнитный момент являются сложными функциями напряженности поля и энергии электрона. В частности, μ_a представляется немонотонной функцией H , а в области $H \sim H_c$ даже меняет знак¹³. В сверхсильном поле имеется тенденция к уменьшению μ_a по

сравнению с μ_s , что можно связать с уменьшением эффективных размеров области взаимодействия электрона с вакуумом в присутствии внешнего поля. Действительно, аномальный магнитный момент обусловлен взаимодействием боровского магнитного момента электрона, находящегося в виртуальном состоянии, с внешним полем. Но в сверхсильном поле эффективный объем, в котором локализован электрон в состояниях с малыми p , имеет порядок $\lambda_c^3 \cdot H_c/H$, что приводит к уменьшению величины μ_a по сравнению со швингеровским



Аномальный магнитный момент для состояния электрона с $p=1$ в магнитном поле как функция отношения H_c/H . По оси ординат отложены значения функции $F = \mu_a/\mu_s$. Пунктиром изображено значение этой функции при $H=0$.

значением в асимптотической области $H \gg H_c$:

$$\mu_a \sim \mu_s H_c/H.$$

А что получилось бы, если приписать электрону постоянный аномальный магнитный момент μ_a и его состояние в магнитном поле определять с помощью уравнения Паули? В этом случае в поле напряженности $H = H_c \cdot 4\pi/\alpha$ энергия электрона (и позитрона) при $p=0$ обращается в нуль. Таким образом, в поле H отсутствовал бы запрет на спонтанное рождение электрон-позитронных пар.

В действительности, однако, электрон-позитронные пары спонтанно не рождаются даже в полях с $H > H_c$, так как состояния электрона и позитрона описываются уравнением Дирака—Швингера,

¹³ Тернов И. М., Багров В. Б., Бордолицын В. А., Дорофеев О. Ф. — ЖЭТФ, 1968, т. 55, с. 2273; график для аномального магнитного электрона впервые приведен в работе: Байер В. Н., Катков В. М., Страховенко В. М. — ЯФ, 1976, т. 24, с. 379.

согласно которому радиационные поправки к энергии и аномальному магнитному моменту зависят от энергий частиц и напряженности поля. В частности, полная энергия электрона в основном состоянии, определяемая из уравнения Дирака—Швингера, ни при каких значениях $\tilde{H}$ не обращается в нуль, а в поле $H \sim \tilde{H}$ полная энергия электрона с учетом радиационной поправки больше mc^2 .

ВЛИЯНИЕ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НЕКОТОРЫЕ КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

В предыдущих разделах мы рассматривали эффекты, возникающие при движении электрона в сильном магнитном поле. Теперь мы кратко остановимся на поведении электрона в поле, представляющем собой суперпозицию магнитного и кулоновского полей. Интерес к подобного рода вопросам возникает в связи с исследованием свойств простейших квантовомеханических систем (атом водорода, позитроний), находящихся в сильных магнитных полях пульсаров.

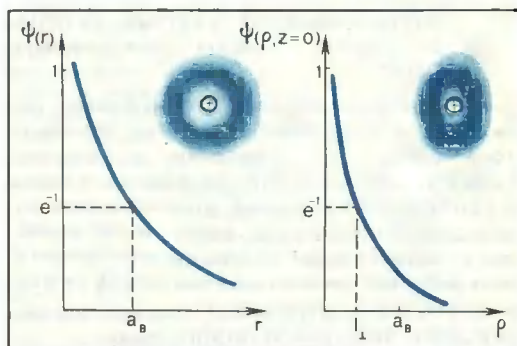
Как было показано, пространственная область движения электрона в магнитном поле с напряженностью $H > H_c$ ограничена цилиндром с площадью основания $\pi R_{\perp}^2 \sim \pi \lambda_c^2$. Высота этого цилиндра ориентирована вдоль вектора $\vec{H}$ и определяется взаимодействием электрона с другими полями, например с кулоновским. Если одновременно с магнитным полем на электрон действует еще и кулоновское поле ядра с зарядом Ze , то сверхсильным магнитным полем можно назвать поле, напряженность которого удовлетворяет неравенству

$$H > H_c \cdot (Z\alpha)^2 = H_0(Z).$$

Проследим, как изменяются, например, свойства атома водорода ($Z=1$) в таком поле. Поскольку в основном состоянии ($n=0$) размер области локализации электрона в поперечной к $\vec{H}$ плоскости определяется величиной $R_{\perp} \sim \lambda_c (H_c/H)^{1/2}$, которая при $H > H_0$ значительно меньше, чем боровский радиус свободного атома водорода $a_0 = \hbar^2/me^2$, электрон в этой плоскости испытывает более сильное притяжение к ядру, т. е. атом деформируется и не будет обладать сферической симметрией. В сверхсильном поле эта деформация достигает значительной величины и атом приобретает игольчатую форму. Кроме того, из-за уменьшения среднего расстояния между электроном и ядром их взаимодействие

усиливается, и энергия атома в основном состоянии окажется меньше энергии свободного атома, следовательно, возрастет его энергия ионизации¹⁴.

Рассмотрим теперь позитроний (связанную квантовомеханическую систему, состоящую из электрона и позитрона) в сверхсильном магнитном поле. Для уровня с $p=0$ оказывается, что спины электрона и позитрона могут быть только антипараллельны друг другу и ориентированы вдоль магнитного поля, т. е. в этом состоянии образуется лишь парапозитроний.



Волновая функция и распределение плотности вероятности для основного состояния электрона в атоме водорода при отсутствии поля (слева) и в сильном магнитном поле (справа). Кругок с крестиком в центре изображает ядро, пунктиром показана боровская орбита, которая в сферически симметричном случае характеризуется радиусом a_0 . В сильном магнитном поле атом уже не обладает сферической симметрией — он сжимается в перпендикулярной к вектору $\vec{H}$ плоскости, так что его характерный размер $l_{\perp}$ в этой плоскости оказывается значительно меньше a_0 .

Основной физический интерес при изучении позитрония представляет время его жизни. Парапозитроний в магнитном поле может аннигилировать только в два γ -кванта, так как его однофотонная аннигиляция запрещена законами сохранения энергии и проекции импульса на направление поля (в полной аналогии со случаем однофотонной аннигиляции электрона и позитрона, движущихся вдоль поля). Оценки показали, что в сверхсильном магнитном поле время жизни парапозитрония сильно уменьшается по сравнению со случаем

¹⁴ О свойствах атомов в сильном магнитном поле см.: Кадо м цев Б. Б.— ЖЭТФ, 1970, т. 58, с. 1965; Кадо м цев Б. Б., Кудря в цев В. С.— ЖЭТФ, 1972, т. 62, с. 1441.

свободного парапозитрония¹⁵. Нетрудно понять причину этого. Вероятность w аннигиляции позитрония, связанная с его временем жизни τ соотношением $w=1/\tau$, пропорциональна эффективной плотности частиц, которая в сверхсильном поле $H \gg H_0$ заметно увеличивается, так как поперечные размеры системы, а следовательно, и ее объем уменьшаются.

Можно было бы привести еще много примеров интересных явлений, связанных с эффектом локализации электрона в сверхсильном магнитном поле. Мы, однако, ограничимся здесь всего лишь одним...

МОДИФИКАЦИЯ ЗАКОНА КУЛОНА В СВЕРХСИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Поляризация вакуума изменяет потенциал и напряженность поля покоящегося заряда по сравнению с кулоновскими величинами. Этот эффект дает вклад в лэмбовское смещение уровней атома водорода. Поляризацию вакуума по аналогии с поляризацией среды можно представить себе как смещение электронов (в данном случае виртуальных) под действием внешнего электромагнитного поля.

Покоящийся положительный точечный заряд Ze создает в вакууме неоднородное электростатическое поле, действие которого на виртуальные электроны проявляется в их смещении по направлению к этому заряду. В результате заряд оказывается окруженным облаком виртуальных электронов, что приводит к его частичной экранировке. Связанная с ней поправка к кулоновскому потенциалу экспоненциально падает на расстояниях $r \gg \lambda_c$, поэтому отклонение от закона Кулона на таких расстояниях ничтожно мало. Даже при $r < \lambda_c$ эта поправка пропорциональна величине $\alpha \ln(\lambda_c/r)$ и значительно меньше единицы.

Искажение кулоновского потенциала за счет поляризации вакуума магнитным полем может оказаться значительным внутри нейтронных звезд. Для иллюстрации эффектов, обусловленных сверхсильным магнитным полем, приведем выражение для потенциала Φ заряда Ze , покоящегося в магнитном поле, индукция которого $B > H_c$:

$$\Phi(r) = Ze \{ \epsilon_{\perp} [\epsilon_{\parallel} (x^2 + y^2) + \epsilon_{\perp} z^2] \}^{-1/2}. \quad (4)$$

Эта формула справедлива при $x^2 + y^2, z^2 > \lambda_c^2 \cdot H_c/B$.

Формально потенциал поля точечного заряда с учетом поляризации вакуума имеет вид, аналогичный кулоновскому потенциалу в анизотропном диэлектрике¹⁶, и характеризуется эффективными диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_{\parallel} = 1 +$

$$\frac{\alpha}{3\pi} \frac{B}{H_c} \quad (\text{вдоль направления магнитного поля})$$

$$\text{и } \epsilon_{\perp} = 1 - \frac{\alpha}{3\pi} \ln \frac{2B}{H_c} \quad (\text{в поперечной плоскости}).$$

Каковы же следствия модификации закона Кулона в сверхсильном магнитном поле? Прежде всего, это сдвиг спектральных линий атома. Однако сдвиг будет относительно небольшим даже в полях $B \sim H_c$, так как из-за деформации атома его размер в перпендикулярной к магнитному полю плоскости будет значительно меньше продольного. Поэтому в формуле (4) для эффективного потенциала $x, y \ll z$, что эквивалентно замене заряда Ze эффективным зарядом $Ze/\epsilon_{\perp}$ (т. е. поправка пропорциональна логарифму напряженности поля).

Поляризация электронного вакуума сверхсильным магнитным полем значительно сильнее проявится в сдвиге уровней энергии μ -мезоводорода (атома, состоящего из протона и отрицательного мюона). Причина этого в том, что искажение кулоновского потенциала за счет поляризации электронного вакуума оказывается существенным на расстояниях, которые характерны для мезоводорода. В этом случае в формуле (4) $x^2 + y^2 \sim z^2$ и поправки оказываются линейными по H .

★

В заключение еще раз отметим, что рассмотренные нами эффекты, обусловленные особенностями поведения электронов в сильном внешнем поле, были исследованы на основе решений уравнения Дирака, при точном учете взаимодействия электрона с этим полем.

Анализ процессов, происходящих в таких полях, проведенный на основе точных решений уравнений движения частиц, снабжает нас наиболее достоверной информацией о различных сторонах физических явлений, которую можно получить на данном этапе развития теории.

¹⁵ Тернов И. М., Халилов В. Р. — ЯФ, 1982, т. 35, вып. 2, с. 328.

¹⁶ См. также: Meyer P. P. — Lett. al Nuovo Cimento, 1980, v. 27, № 4, p. 97.



Зоология

В заповеднике Кедровая падь

Из дневника натуралиста

I. ЧУЖИЕ РОДИТЕЛИ

Гнезда и выводки мелких воробьиных птиц очень часто гибнут от многочисленных врагов и неблагоприятных природных условий. Многие птицы, потеряв первые кладки или выводки, принимаются за следующие, а некоторые начинают опекать чужих птенцов.

Мы ни разу не встречали позднее гнездование длиннохвостых синиц, но зато видели, как в заповеднике Кедровая падь (Приморский край) стайка из 5 особей (родительская пара и 3 посторонние синицы) выкарм-

ливали один выводок. Улетая за кормом все вместе, синицы подлетали к гнезду поочередно. В ожидании своей очереди птицы перепархивали по ветвям в 2—3 м от гнезда.

Еще более неожиданную картину мы наблюдали на берегу оз. Ханка. Здесь птенцам певчего сверчка (*Locustella certhiola*) носили корм родители и пара пестроголовых камышевок (*Acrocephalus bistrigiceps*). Более подвижные камышевки успевали кормить птенцов в 1,5—2 раза чаще и, встречаясь перед гнездом со сверчками, почти всегда опережали их. Если же один из сверчков находился на гнезде, прилетевшие с кормом камышевки перепархивали по ближайшим тростникам, ожидая своей очереди. Они постоянно держались парой, но птенцов кормили поочередно. Сверчки же прилетали к гнезду независимо друг от друга, при этом их поведение у гнезда напоминало поведение камышевок: они приближались к гнезду, перелетая по средней и верхней частям стеблей тростника, а не как обычно, прыгая в зарослях травы.

Другие 2 вида камышевок — короткокрылые (*Horeites*

diphone) и толстоклювые (*Phragmatocola aedon*) выкармливали в заповеднике потомство одного из этих видов.

Удивительно, что ни в одном случае ни настоящие, ни приемные родители на затевали ссор друг с другом.

II. НЕОБЫЧНАЯ СЕМЬЯ ЛЕОПАРДОВ

Большинство кошек, в частности леопарды, ведут одиночный образ жизни, и только в период гона встречаются группы из одной самки и нескольких самцов. Группа из самки с котятами держится вместе тоже недолго: около года самка воспитывает их, а потом они расходятся в поисках собственных участков.

Нам же удалось наблюдать исключительный случай.

В центральной части заповедника Кедровая падь в долине р. Кедровой вот уже несколько лет живет взрослая самка леопарда и ежегодно приносит потомство. В январе 1978 г., когда у нее был 4—5-месячный котенок, на этом же участке появилась еще одна самка с двумя котятами. Встретившись, обе семьи стали жить вместе, постепенно передвигаясь в поисках пищи вверх по течению Кедровой.

Иногда местная самка на правах гостеприимной хозяйки сама заботилась о пропитании всей группы. Отправляясь на охоту, она оставляла своего котенка на попечение «гостей» и уже не подыскивала ему убежище, как это неизменно делала раньше. В ожидании пищи оставшиеся леопарды не покидали избранной площадки, даже когда по тропе близко (в 50 метрах) проходили люди.

Изучая следы зверей на снегу (только так мы могли наблюдать за их жизнью), мы увидели, что добыв косулю,

Пестроголовая камышевка кормит птенцов певчего сверчка.



«хозяйка» оставляла ее на месте охоты, а потом приводила туда объединенную семью.

Один раз мы обнаружили остатки трапезы — наполовину съеденную косую — и пока осматривали место охоты, леопарды наблюдали за нами с расстояния 60—70 метров. Затем, при нашем приближении, леопарды ушли. Интересно, что «хозяйка» выходила на выступающие над гребнем камни и скалы через каждые 50—100 метров, все время наблюдая за нашим перемещением.

Этот редкий случай объединения двух семей леопардов, возможно, объясняется родственными отношениями: может быть, местная самка — мать прищелицы, проявившая столь несвойственную взрослым кошкам терпимость и даже заботу. Но что же заставило вторую самку появиться в чужих владениях? На юге Приморского края все меньше остается площадей, пригодных для обитания леопардов. Это, очевидно, и вынудило заботливую мать привести свое потомство на небольшой охраняемый и нетронутый хозяйственной деятельностью участок заповедника.

В. Г. Коркишко, Ю. Б. Шибнев
Заповедник Кедровая падь
Приморский край



Самка сейвала, обнаруженная в 1973 г. на берегу Онежского залива.

ли обсохшего высоколобного бутылконоса. В 1973 г. в Онежском заливе (в районе Храп-Наволока, в 6 км от с. Тамиза) рыбаки, проводившие лов сельди, отметили появление здесь с 1 на 2 июня крупного кита. Из-за начавшегося шторма наблюдения за ним были прерваны, а 4 июня кит был обнаружен на берегу. Это была самка сейвала длиной 14 м. На ее теле имелись три раны: одна незначительная в области глаза и две в виде параллельных разрезов на боках. Большая рана, длиной 60 см, была с правой стороны между спинным и грудным плавниками. При снятии подкожного сала эти раны были заметны даже на мускулатуре. По-видимому, попав на мелководье, кит пытался выбраться из «ловушки» и бился при этом об острые камни, которых здесь очень много. Возможная причина гибели этого кита заключается в том, что в погоне за рыбой он попал в мелководный песчаный район, где потерял ориентировку, обсох при резком спаде воды в период отлива, а затем был выброшен на берег штормом.

Последний зарегистрированный случай обсыхания кита

произошел в октябре 1982 г. На песчаной отмели западного побережья п-ова Канин, в районе р. Кия, был обнаружен мертвый кашалот. Длина его достигала 15 м, обхват тела за грудными плавниками — 7 м, длина нижней челюсти — 170 см; в ней имелись редкие выступающие на 5 см зубы. Из-за метеорологических условий (сильное волнение и начавшееся образование льда) оказалось невозможным более детально обследовать этого представителя зубатых китов. Это второй достоверный случай захода кашалотов в Белое море.

К сожалению, ни в одном из описанных случаев не были собраны коллекционные остеологические материалы. Это особенно досадно, поскольку в наших музеях полных скелетов крупных китообразных очень мало, а возможности сбора такого материала становятся все более редкими. От выброшенного у р. Кия осенью 1982 г. кашалота на протяжении 1983 г., а может быть, еще и в 1984 г., можно было бы получить полный скелет. Будет крайне обидно, если Зоологический музей АН СССР или Архангельский краеведческий музей не воспользуются этой уникальной возможностью.

Г. Н. Огнетов
Северное отделение Полярного
НИИ морского рыбного
хозяйства и океанографии им.
Н.М. Книповича
Архангельск



Зоология

Заход крупных китов в Белое море

В связи со значительно сократившейся численностью китов в Мировом океане заход представителей крупных усатых и зубатых китов в Белое море — явление чрезвычайно интересное и весьма редкое. Надежным свидетельством таких заходов могут служить случаи выбрасывания или обсыхания китов.

Первый зарегистрированный такой случай относится к 1932 г., когда на берегу у мыса Канин нос был обнаружен кашалот. В 1965 г. в Унской губе наш-

Космические исследования

Химический состав атмосферы Венеры

С помощью спускаемых аппаратов станций «Венера-13 и -14» Л. М. Мухин, Б. Г. Гельман, Н. И. Ламонов, В. В. Мельников, Д. Ф. Ненаронов, Б. П. Охотников, В. А. Ротин и В. Н. Хохлов (Институт космических исследований АН СССР) провели хроматографический анализ химического состава атмосферы Венеры. Данные предыдущих полетов как советских, так и американских космических аппаратов позволяли получить для некоторых компонентов атмосферы Венеры лишь верхние пределы концентрации. В связи с этим для более точного определения концентраций известных компонентов, а также обнаружения новых соединений на «Венере-13 и -14» были установлены газовые хроматографы «Сигма-2», более чувствительные, чем «Сигма-1», работавший на «Венере-12».

Отбор пробы из облачного слоя атмосферы Венеры осуществлялся, начиная с высоты 58 км от поверхности Венеры и до высоты 49 км. Примерно каждые 400 с велся анализ отобранной пробы и параллельно делались пробы для последующих анализов.

Хроматограф, установленный на «Венере-13», в семи анализах, начиная с высоты 58 км и до поверхности планеты, надежно зафиксировал кислород и новое, ранее не обнаруженное соединение, идентифицированное как шестифтористая сера (SF_6).

На «Венере-14» получено шесть хроматограмм с неоновыми детекторами и девять с электронно-захватным детектором. Неоновые детекторы дали информацию о составе атмосферы на высотах от 58 до 29 км, а электронно-захватный — от 58 до 3,5 км от поверхности

Результаты анализа атмосферы Венеры

Химическое соединение	Объемная концентрация, %	Высота отбора пробы, км
H_2	$(2,5 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	58—49
O_2	$(1,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$	58—35
Kr	$(7 \pm 3) \cdot 10^{-3}$	49—37
H_2O	$(7 \pm 3) \cdot 10^{-2}$	58—49
H_2S	$(8 \pm 4) \cdot 10^{-3}$	37—29
COS	$(4 \pm 2) \cdot 10^{-3}$	37—29
SF_6	$(2 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	58—3,5

планеты. Наряду с компонентами, обнаруженными в предыдущих полетах, такими как Ar, N, CO, SO_2 , зарегистрированы H_2 , Kr, H_2S , COS и, предположительно, SF_6 и HCl. Кроме того, в пробе, взятой в облачном слое, надежно зафиксирован пик H_2O .

Дальнейшая обработка хроматограмм позволит уточнить полученные данные, которые будут использованы для построения более полных и адекватных моделей состава атмосферы Венеры с учетом термодинамических и фотохимических процессов, протекающих в ней.

Письма в Астрон. ж., 1982, № 7, с. 399—403.

Астрофизика

Второй «кандидат» в черные дыры

Исследование оптического спектра двойной системы, отождествленной с рентгеновским источником LMC-X3, показало, что масса ее невидимого компонента, излучающего в рентгеновском диапазоне, по видимому, столь велика, что он должен быть черной дырой.

Рентгеновский источник LMC-X3 в Большом Магеллановом Облаке обнаружен еще первым специализированным рентгеновским спутником «Ухуру». Принадлежность объекта к Большому Магеллановому Об-

лаку позволила уверенно определить расстояние до него (52 кпс) и его светимость. Рентгеновская светимость источника меняется от 10^{37} эрг/с до $3 \cdot 10^{38}$ эрг/с, однако эти изменения не имеют периодического характера. Видимый компонент двойной системы представляет собой звезду спектрального класса BIII—BIV (голубой гигант). Ее звездная величина составляет $16^m, 9 - 16^m, 2$ (в зависимости от спектрального диапазона). Наблюдаются колебания блеска системы с амплитудой $0^m, 5 - 0^m, 3$. Отношение потока рентгеновского излучения к потоку излучения в оптическом диапазоне очень велико (достигает 100).

Подобные двойные рентгеновские системы достаточно хорошо изучены. Их рентгеновское излучение возникает при падении вещества (источником которого служит нормальная звезда) на компактный объект — белый карлик, нейтронную звезду или черную дыру. Согласно теоретическим расчетам внутреннего строения нейтронной звезды, верхний предел ее массы равен $2-3 M_\odot$. Максимальное значение массы белого карлика еще меньше.

Длительные наблюдения, проведенные А. Коули, Д. Кремптоном и Дж. Хатчингсом (А. Cowly, D. Crampton, J. Hutchings; Университет штата Мичиган, США), позволили установить, что положение линий поглощения в спектре видимого

компонента изменяется с периодом $1^d, 7049$ и амплитудой $\Delta\lambda/\lambda \sim 10^{-3}$, где λ — длина волны излучения. Известно, что в двойных системах линии в спектре звезды меняют свое положение (смещаются) с периодом, равным периоду обращения двойной системы. Это явление объясняется эффектом Доплера. Величина смещений зависит от параметров двойной системы, а зависимость положения линий в спектре звезды от времени позволяет в конечном итоге определить массу невидимого компонента. Оказалось, что в двойной системе, содержащей LMC-X3, масса невидимого компонента наверняка не меньше $2,3 M_{\odot}$. Но поскольку масса видимого компонента — звезды класса В — превышает $4 M_{\odot}$, то масса компактного объекта в LMC-X3 должна быть больше $6 M_{\odot}$, что значительно превышает верхний предел массы нейтронной звезды.

Для сравнения напомним, что масса невидимого компонента источника Лебедь X-1 — общепризнанного кандидата в черные дыры, равна по оценкам $5-6 M_{\odot}$.

Детальное изучение объекта в оптическом и рентгеновском диапазонах позволит более точно установить массу невидимого компонента и прояснить природу объекта. Однако на данный момент у нас, по-видимому, имеются все основания считать, что появился новый достойный кандидат в черные дыры.

IAV Circular, 1982, № 3751, 12 March; 1983, № 3765, 1 January.

Астрофизика

Открыт сверхбыстрый пульсар

Уже 15 лет изучаются пульсары — источники строго периодических импульсов радиоизлучения. Они представляют собой замагниченные вращающиеся нейтронные звезды. Зарегистрировано около 350 таких объектов, поэтому обнаружение еще одного пульсара — довольно рядовое событие. Тем

не менее открытие пульсара PSR 1937+214 вызвало огромный интерес.

Интернациональная группа радиоастрономов, работающая на радиотелескопе в Аресибо (Пуэрто-Рико), обнаружила, что давно известный радиоионичник 4C 21.53, находящийся в созвездии Лисички, является пульсаром с удивительно малым периодом повторения импульсов — $1,557807$ мс. Так как период между импульсами — это период обращения нейтронной звезды вокруг своей оси, то отсюда следует, что ее поверхность должна двигаться со скоростью, достигающей 15% скорости света. (Наблюдаемый период обращения близок к минимально возможному, при котором центробежные силы разорвали бы звезду.)

Объект 4C 21.53 необычен. Ряд характеристик его излучения давно свидетельствовал в пользу того, что это пульсар, однако периодически следующих импульсов обнаружить не могли, поскольку никто не ожидал столь короткого периода (период самого быстрого из известных пульсаров — пульсара в Крабовидной туманности — равен 33 мс). Имелись веские основания считать, что не должно быть существенно меньших периодов. Дело в том, что все пульсары в ходе эволюции замедляют свое вращение, так как отдают энергию на ускорение частиц и излучение. Поэтому предполагалось, что чем меньше период повторения импульсов, т. е. чем быстрее пульсар вращается, тем меньше его возраст. И действительно, пульсар в Крабовидной туманности молод, ему меньше тысячи лет. Предположить возможность обнаружения миллисекундного пульсара было трудно, так как по имеющимся оценкам он должен был бы затормозиться в течение нескольких лет.

К удивлению специалистов, обнаруженный сверхбыстрый пульсар, по-видимому, стар. Установлено, что его вращение все-таки замедляется, но аномально медленно: за месяц период увеличивается меньше, чем на одну миллиардную долю. Отношение скорости изменения периода к самому периоду дает

характерное время замедления пульсара. Для PSR 1937+214 оно приблизительно равно 300 млн лет. Отсутствие рентгеновского излучения также свидетельствует о том, что пульсар слабо теряет энергию. Известные до сих пор быстрые пульсары — мощные источники жесткого излучения, которое, как считается, обусловлено частицами, ускоряющимися в быстровращающейся магнитосфере. По-видимому, его магнитное поле слишком слабо, не больше 10^8 Гс (поле нормальных пульсаров порядка $10^{11}-10^{13}$ Гс). Как электрический генератор с очень слабым магнитом дает маленькую эдс, так и пульсар PSR 1937+214 крутится «вахлоустую», практически не теряя энергии.

Столь быстро вращающееся тело могло бы служить очень мощным источником гравитационных волн, если бы его форма была слегка неосесимметричной: при этом энергия вращения расходовалась бы на гравитационное излучение. Полученное значение скорости торможения пульсара, к сожалению, свидетельствует о слабости его гравитационного излучения и не оставляет надежды его зарегистрировать.

Специально проведенные эксперименты показали, что на месте пульсара находится слабая звездочка 20-й звездной величины; таким образом, PSR 1937+214 — третий пульсар, излучающий в оптическом диапазоне.

По-видимому, PSR 1937+214 — первый представитель нового класса пульсаров. Поиски других объектов этого класса позволят выяснить их эволюционный статус и приблизиться к полному пониманию природы пульсаров.

Nature, 1982, v. 300, № 5893, p. 615—618 (Великобритания).

Астрономия

Новые соображения о тунгусском явлении

Тунгусская катастрофа 1908 г., вызванная, несомненно, космическими причинами, про-

должает оставаться предметом дискуссий. Геофизик Р. Терко (R. Turco; лаборатория компании «Ар энд Ди Ассошиэйтс», штат Калифорния, США) возглавил группу специалистов, выполнявших всесторонний анализ явлений, связанных с этим событием, и сделавших ряд предположений о его природе.

По мнению исследователей, наиболее подходящим источником всех последовавших эффектов является столкновение Земли с фрагментом известной короткопериодической кометы Энке.

Столкновение должно было привести к чрезвычайно активному образованию окиси азота — из-за резкого разогрева атмосферы, сравнимого с эффектом ядерного взрыва мощностью 6 тыс. Мт. По подсчетам Р. Терко, количество окиси азота, которое должно возникнуть на высоте более 10 км над ур. м., а затем развеяться благодаря турбулентности разогретого воздуха, составляет примерно 30 млн т.

Метеорологам и климатологам известно, что после 1908 г. отмечалось охлаждение если не всей Земли, то, по крайней мере, ее Северного полушария примерно на 0,3 К, причем этот эффект сохранялся около 10 лет. Правда, в тот же период произошло несколько крупных вулканических извержений, и полной уверенности в причине похолодания пока нет. С другой стороны, в 1909 г. наблюдалось резкое снижение количества озона в стратосфере, достигшее примерно 30% от его обычной величины.

Еще одним фактором, говорящим в пользу гипотезы Терко, является необычно быстрое восстановление леса, погибшего во время тунгусской катастрофы. По-видимому, значительная часть возникших молекул окиси азота в стратосфере превратилась в нитраты, а затем выпала на Землю с осадками в виде 15 млн т связанных азотных удобрений, что представляет не менее 15% связанных азотных удобрений естественного происхождения, получаемых в год Северным полушарием в обычных условиях. Их поступле-

ние не могло не сказаться на приросте зеленой массы в тайге по берегам р. Тунгуски.

Icarus, 1982, v. 50, p. 1 (США);
New Scientist, 1982, v. 95, № 1321,
p. 620 (Великобритания).

Физика

Двухфотонное возбуждение позитрония

С. Шу и А. Миллс (S. Chu, A. Mills; исследовательская лаборатория фирмы «Белл Лабораториз», США) впервые наблюдали двухфотонное поглощение в ортопозитронии.

Как известно, позитроний — короткоживущий «атом», образован электроном и позитроном, которые связаны кулоновским притяжением. Поскольку это очень простая квантово-механическая система, позитроний чрезвычайно удобен для исследования законов взаимодействия двух тел и проверки выводов квантовой электродинамики.

Если спины электрона и позитрона параллельны, так что суммарный спин равен $+\hbar$, то говорят об ортопозитронии. В основном (1^3S_1) и первом возбужденном (2^3S_1) состояниях ортопозитрония орбитальный механический момент вращающихся друг относительно друга электрона и позитрона равен нулю, так что волновая функция орбитального движения сферически симметрична, поэтому электрические дипольные переходы с излучением или поглощением одного фотона между этими состояниями запрещены. Однако квантовая электродинамика допускает поглощение позитронием одновременно двух фотонов с суммарной энергией, равной энергии перехода $1^3S_1 \rightarrow 2^3S_1$ между уровнями (приблизительно 5 эВ).

Именно этот переход и наблюдали американские исследователи. Для успеха эксперимента было необходимо получить достаточное количество медленных атомов ортопозитрония и выделить те из них, которые, испытав двухфотонное поглощение, оказались в возбужденном 2^3S_1 -состоянии. Эти трудности были преодолены с

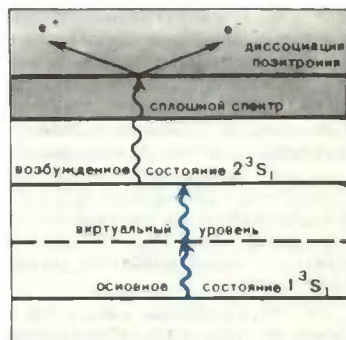


Схема двухфотонного поглощения света ортопозитронием и его последующая диссоциация на электрон-позитронную пару.

помощью весьма сложной и прецизионной методики.

Атомы ортопозитрония получали в результате бомбардировки медной мишени «сгустками» быстрых позитронов с энергией 1,25 кэВ. Длительность каждого импульса, содержащего около 20 позитронов, составляла 10 нс. При столкновении «сгустка» с мишенью возникало около 4 медленных (0,14 эВ) атомов ортопозитрония в основном 1^3S_1 -состоянии; примерно 5 позитронов неупруго рассеивались обратно, остальные либо аннигилировали, либо покидали область соударений за время, меньшее 1 нс.

В момент бомбардировки позитронами мишень освещалась (параллельно поверхности) двумя встречными импульсами монохроматического света от лазера на красителе с перестраиваемой частотой (средняя длина волны излучения 486 нм). Энергия каждого фотона составляла примерно половину энергии перехода из 1^3S_1 в 2^3S_1 -состояние. Когда суммарная энергия двух фотонов приближалась к величине энергии перехода, позитроний поглощал фотоны и переходил в возбужденное 2^3S_1 -состояние. (Наибольшее количество возбужденных атомов ортопозитрония появлялось в момент резонанса.) Оказавшись в 2^3S_1 -состоянии, позитроний поглощал третий фотон и диссоциировал на электрон-позитронную пару. Позитроны, возникшие в результате диссоциации, ускорялись до энергии

2,9 кэВ и направлялись в детектор. С помощью специальных мер с эффективностью 99% позитроны диссоциации отделялись от всех других позитронов, присутствовавших в области соударения «сгустка» с мишенью.

По данным эксперимента, вероятность двухфотонного поглощения света ортопозитронием составила 20—40%, что согласуется с теоретическими предсказаниями.

Physical Review Letters, 1982, v. 48, № 19, p. 1333—1336 (США).

Физика

Остановлена бегущая световая волна

Р. Дженнисон (R. Jennison; лаборатория электроники Университета г. Кента, Великобритания) создал искусственную «среду» с показателем преломления больше 30 и с ее помощью остановил в лабораторной системе координат бегущую электромагнитную волну.

Как известно, релятивистская заряженная частица, движущаяся в среде, своим электромагнитным полем возбуждает атомы или молекулы, вблизи которых она пролетает. Возбуждение передается другим атомам, и возникает электромагнитная волна возбуждения, распространяющаяся со скоростью, равной фазовой скорости света в этой среде. Наблюдатель, находящийся в системе отсчета, связанной с частицей, фиксирует разность скоростей частицы и волны возбуждения. Когда скорость частицы сравняется со скоростью света в среде, наблюдатель увидит «остановившуюся» электромагнитную волну. При дальнейшем увеличении скорости частица начинает обгонять создаваемое ею же электромагнитное поле, и возникает черенковское излучение.

Однако для эффективно-го уменьшения скорости света, распространяющегося в среде, относительно наблюдателя в лабораторной системе координат необходимы либо субсветовые скорости встречного движения среды, либо среды с огромным показателем преломления (ди-

электрическая проницаемость больше 1000). В опыте Дженнисона «среда» представляла собой кольцевую линию задержки из 32 секций, вдоль которой по часовой стрелке циркулировала электромагнитная волна (длина ее находилась в радиодиапазоне; точное значение в сообщении не приводится). Когда линия задержки, смонтированная на плоском диске, вращалась навстречу волне, скорость последней относительно лабораторной системы отсчета уменьшалась. Когда скорость вращения диска достигала определенной величины, датчики напряженности электрического поля волны, установленные по периметру линии в лабораторной системе, фиксировали статическое поле, т. е. остановку волны относительно неподвижного наблюдателя.

Каждая секция состояла из индуктивности, емкости и небольшого усилителя для компенсации потерь энергии в линии. Период обращения волны вдоль неподвижной линии составлял 120 мс, частота обращения равнялась 8 Гц, а фазовая скорость примерно в 30 раз была меньше скорости света в вакууме.

Journal of Physics, 1982, v. A 15, № 2, p. 405—408 (Великобритания).

Физика

Сколь малы могут быть гелий-неоновые лазеры?

В последние годы создаются гелий-неоновые лазеры все меньших размеров — длина лазерной трубки у некоторых не превышает 10—15 см. Однако, по мнению Д. Крейна (D. Crane; фирма «Юнифейз», США), дальнейшего уменьшения размеров лазеров, по-видимому, не произойдет, так как из-за этого резко ухудшаются их характеристики.

Ограничение размеров лазера связано с обратной зависимостью длины резонатора от частотного интервала между соседними модами генерации. Обычно в трубке длиной 15 см генерируется одна или две моды, разделенные интервалом

порядка 1 ГГц. При тепловых изменениях длины резонатора колеблется и межмодовый интервал, в результате величина выходной мощности становится непостоянной, ее изменение достигает 10%. При дальнейшем уменьшении длины резонатора пульсации выходной мощности катастрофически нарастают. По-видимому, 10%-ные пульсации составляют разумный компромисс между уменьшением габаритов лазера и его стабильностью, хотя во многих случаях даже такие пульсации неприемлемы.

Другой фактор, связанный с длиной резонатора и ограничивающий его уменьшение, — зависимость усиления от длины. Снижение усиления уменьшает отношение сигнал/шум и ухудшает повторяемость параметров для различных лазерных трубок. Проблема может быть решена переходом к генерации поперечных мод в многомодовом режиме, однако такой режим не всегда удобен.

Laser Focus, 1982, v. 18, № 11, p. 20—22 (США).

Физика

Шаровая молния в Кембридже

3 августа 1982 г. около четырех часов дня во время сильной грозы, разразившейся над Кембриджем, несколько человек наблюдали в воздухе светящийся шар, который двигался вблизи поверхности земли. Интересен не столько сам факт встречи с шаровой молнией, как то, что очевидцами были сотрудники Кавендишской физической лаборатории. Событие произошло в непосредственной близости от лабораторных корпусов. Как сообщает директор лаборатории А. Пиппард (A. Pippard), заметных следов и тем более разрушений молния не оставила. Пиппард приводит описание шаровой молнии, сделанное с чужих слов¹. Сведения о пока-

¹ Pippard A. B. — Nature, 1982, v. 298, № 5876, p. 702.

заниях каких-либо приборов отсутствуют; по-видимому, вся аппаратура была в это время из-за грозы выключена.

Шаровая молния появилась после разряда обычной линейной молнии, ударившей в землю перед фасадом центрального здания. Сотрудница, находившаяся на первом этаже корпуса Мотта, расположенного напротив, увидела промелькнувший в окне светящийся шар, размером с грейпфрут. Ей показалось, что шар по мере движения увеличивался в диаметре. Ее коллега, стоявший спиной к окну в той же комнате, заметил лишь, что помещение на мгновение ярко осветилось. Предмет, излучающий свет, пролетел между зданиями, причем оба лабораторных корпуса были еще некоторое время озарены холодным бело-голубым сиянием. Издали источник света напоминал сигнальный огонь на вышке. Трое других очевидцев утверждают, что примерно в это же время видели в течение трех или четырех секунд шаровую молнию, похожую на Луну, которая перемещалась по поверхности земли. Молния исчезла внезапно и, по-видимому, бесшумно.

Другой английский физик П. Райс-Эванс (P. Rise-Evans) критикует Пиппарда за «неточность и ненаучность» приводимых сведений и сообщает о создании в лабораторных условиях разряда, имитирующего, по его мнению, шаровую молнию². Не останавливаясь на описании экспериментов Райс-Эванса, заметим, что его версия происхождения молнии по существу аналогична гипотезе, которую выдвинул П. Л. Капица еще в 1955 г.³ Согласно этой модели, плазменный разряд в атмосфере поддерживается внешним высокочастотным электромагнитным полем с длиной волны около 1 м. Такая шаровая молния обязательно

должна сопровождаться различными побочными эффектами — нагревом металлических предметов в радиусе нескольких метров от нее, самопроизвольным загоранием ламп дневного света и т. д. Однако подобные сопутствующие явления до сих пор не наблюдались. Прямые эксперименты по обнаружению в атмосфере когерентного радиоизлучения естественного происхождения показали, что интенсивность его мала — явно недостаточна для образования плазменного разряда⁴.

К сожалению, в вопросе о природе шаровой молнии до сих пор не существует даже общепринятой точки зрения. Причина кроется в полном отсутствии каких-либо серьезных экспериментальных данных. Остается констатировать, что случай, произошедший в Кавендишской лаборатории, несколько не меняет положения, дел и занимает лишь скромное место в ряду с другими аналогичными событиями.

С. М. Дикман,
кандидат физико-математических наук
Москва

Химия атмосферы

Тритий в атмосферных осадках

Институт экспериментальной метеорологии Государственного комитета гидрометеослужбы СССР совместно с Институтом водных проблем АН СССР ведет систематическое изучение содержания трития в атмосферных осадках над территорией нашей страны. Этот тяжелый радиоактивный изотоп водорода служит идеальной «меткой» для изучения влагооборота в атмосфере, водообмена поверхностных и подземных вод, а также других глобальных и региональных процессов. Установлено, что преобладающая часть трития в природных водах обусловлена не естественным космо-

генным происхождением, а термоядерными испытаниями в атмосфере.

По данным С. М. Вакуловского, И. Ю. Карича, Е. И. Рослого, В. В. Романова и В. И. Ферронского, за 1970—1979 гг. наземные ядерные испытания, проведенные КНР, наиболее существенно повлияли на среднегодовые концентрации трития в осадках над внутриконтинентальными пунктами (Новосибирском, Енисейском, Иркутском), тогда как в приморских пунктах (Архангельске, Петропавловске-Камчатском) осадки слабо подвержены влиянию новых поступлений трития и его концентрация здесь меняется медленнее. Причина заключается в том, что осадки в приморских пунктах образуются преимущественно из океанической влаги с малым содержанием трития.

Среднемесячные концентрации трития в осадках над территорией СССР за указанный период сравнительно одинаковы. Резкие всплески приходятся на конец 1969, начало 1970, конец 1971 и начало 1972 гг. Вероятно, они обусловлены ядерными испытаниями, проведенными в КНР 27 сентября 1969 г. (мощность взрыва 3 Мт), а также 18 ноября 1971 г. и 7 января 1972 г. (20 кт).

Авторы оценили также количество трития, выпавшего на поверхность Земли из атмосферы. Оказалось, что величина среднегодового выпадения трития имеет тенденцию к снижению: в 1979 г. она была уже вдвое меньше, чем в 1970 г.

Водные ресурсы, 1982, № 5, с. 169—172.

Химия

Синтез органических соединений астата

Радиоактивный химический элемент астат, At, последний в группе галогенов, все еще остается трудным объектом для исследователей, так как работать приходится с его искусственными короткоживущими радиоактивными изотопами, которые получаются при ядерных реак-

² Rise-Evans P. C.—Nature, 1982, v. 299, № 5886, p. 774.

³ Капица П. Л.—Доклады АН СССР, 1955, т. 101, № 2, с. 245; ЖЭТФ, 1969, № 57, с. 1801.

⁴ Косарев Е. Л., Сережкин Ю. Г.—ЖТФ, 1974, № 44, с. 364.

циях. Химические соединения астата немногочисленны.

Известно, что важным свойством галогенов является их способность вступать в реакции электрофильного замещения водорода в ароматических соединениях; в этих реакциях галоген «атакует» бензольное ядро в виде одновалентного катиона. Астат тоже может существовать в форме одновалентного катиона, если находится в кислой среде в присутствии окислителя.

Л. В. Васьков, Ю. В. Норсеев и В. А. Халкин (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна) исследовали замещение водорода астатом в ароматических соединениях (бензоле и галогенбензолах) в растворе бихромата в кислой среде; интервал температур составлял 80—140°C. Астат получали в реакциях расщепления тория протонами, обладающими энергией 660 МэВ. Оказалось, что механизм процесса ароматического замещения астатом подчиняется общим закономерностям электрофильного замещения водорода галогенами, а астат выступает как электрофильный реагент в виде одновалентного катиона. В результате реакции образуется новое органическое соединение астата — астабензол, наибольший выход которого наблюдался через 1,5 ч при температуре 120°C.

Полученные результаты указывают на возможность использовать метод электрофильного ароматического замещения астатом для получения новых астаорганических соединений и введения астата в сложные биомолекулы.

Доклады АН СССР, 1982, т. 266, № 1, с. 120—122.

Физическая химия

Фото- и термомеханические эффекты в кристаллах

Как обнаружили Г. А. Абакумов и В. И. Неводчиков (Институт химии АН СССР, Горький), нитевидные кристаллы свободнорадикального комплекса типа SQML₂ обратимо изгибаются как под действием света,

так и при изменении температуры внешней среды.

Образцы представляли собой нити длиной 1,5—3 мм с прямоугольным поперечным сечением размером 20×30 мкм и менее. Опыты проводились на установке для измерения углов изгиба кристаллов. При освещении образца светом видимого и инфракрасного диапазонов наблюдался его изгиб; при малой интенсивности света величина угла отклонения была пропорциональна интенсивности. Эффект оказался обратимым: после выключения света кристалл принимал первоначальную конфигурацию за время менее 0,1 с. При высоких интенсивностях света углы изгиба кристалла превышали 90°, а дальнейший рост интенсивности облучения приводил к разрушению кристалла.

Термомеханический эффект состоял в обратимом изменении конфигурации кристалла с изменением температуры внешней среды в интервале 5—30°C. С ростом температуры кристалл изгибался так же, как и под действием света. Кривые температурной зависимости угла изгиба линейны; величина термочувствительности растет с уменьшением толщины кристалла.

Важно было выяснить, происходит ли наряду с тепловым также резонансное возбуждение кристалла светом или весь фотомеханический эффект сводится к простому повышению температуры кристалла за счет поглощения света. В пользу резонансного возбуждения светом говорит экспериментально обнаруженное несоответствие спектров поглощения кристалла и кривой его спектральной чувствительности.

По мнению авторов, природа наблюдаемого эффекта обусловлена особенностями строения комплекса. Были проведены рентгеноструктурные исследования, которые позволили предположить, что плоские молекулы комплекса уложены в стопки вдоль оси кристалла; в них реализуется связь металл — металл. По-видимому, термо- и фотовоздействие на кристалл приводит к возбуждению состояний с переносом электрона на лиганд и, как

следствие, — к деформации вдоль длинной оси кристалла. Однако непонятно, почему продольная деформация приводит к поперечному изгибу кристалла. Возможно, это связано с тем, что кристалл имеет слоистую структуру со структурно неоднородными слоями, расположенными параллельно оси стопок. Таким образом, структурная анизотропия кристалла в целом, по-видимому, и приводит к появлению выделенного направления его изгиба.

Доклады АН СССР, 1982, т. 266, № 6, с. 1407—1410.

Генетика

К вопросу о происхождении человека

Дж. Юнис и О. Пракаш (J. Yunis, O. Prakash; отдел лабораторной медицины и патологии университета Миннеаполиса, Миннесота, США) провели сравнительное изучение сходства и различия хромосом человека и человекообразных обезьян: orangутана (*Pongo pygmaeus*), гориллы (*Gorilla gorilla*) и шимпанзе (*Pan troglodytes*). Были изучены культуры лимфоцитов, полученные от 2 самцов и 5 самок шимпанзе, а также от 10 женщин и 21 мужчины. Предварительно деление этих клеток было синхронизировано, что позволило получить хромосомы, находившиеся в одинаковых фазах клеточного деления (в опытах использовался эффективный метод окраски хромосом).

По мнению авторов, полученные результаты свидетельствуют о том, что 18 из 23 пар хромосом современного человека, по сути дела, идентичны хромосомам, имевшимся у нашего общего далекого предка. Остальные 5 пар имеют незначительные отличия. Это позволило авторам выдвинуть гипотезу о существовании в далеком прошлом нескольких общих предков для человека и упомянутых трех родов человекообразных обезьян. По-видимому, вначале существовал один общий предок. Из-за мутаций в 6 парах хромосом от него вначале «отпочковался» род orangутана. Последующие изменения в

9 парах хромосом общего предка гориллы, шимпанзе и человека привели к выделению рода гориллы, и, наконец, от общего предка шимпанзе и человека в результате мутаций, произошедших в 7 парах хромосом, отделился род шимпанзе. После отделения шимпанзе осталась линия, ведущая к человеку.

Science, 1982, v. 215, № 4539, p. 1525—1530 (США).

Биохимия

Вакцины будущего

Часто применение вакцин вызывает нежелательные осложнения — от легких недомоганий до тяжелых заболеваний. Причина — присутствие в их составе множества балластных веществ. Попытки избавиться от них путем улучшения очистки вакцин не всегда приводят к желаемому результату, так как эти примеси входят иногда в состав самих микробов или вирусов, которые используются для приготовления вакцин.

Тем большим интерес вызывают идеи видного иммунолога М. Селы (M. Sela), считающего возможным использовать для создания иммунитета не целые белковые молекулы, а лишь одну или несколько находящихся в их составе антигенных детерминант, построенных из сравнительно небольшого числа аминокислот. Чтобы повысить иммуногенные свойства детерминант, их надо присоединить тем или иным способом к какому-нибудь носителю — белку, введение которого для организма безвредно. Теоретически на такой носитель можно «насадить» несколько антигенных детерминант, полученных из белков различных микроорганизмов, что позволит создавать невосприимчивость сразу к ряду заболеваний, не вызывая при этом нежелательных для организма явлений.

Недавно сотрудники отдела химической иммунологии Института им. Вейцмана (Израиль) под руководством Р. Арнона (R. Arnon) попробовали применить эти принципы на прак-

тике. Объектом исследований послужил вирус гриппа. На его поверхности имеется белок, гемагглютинин, иммунизация против которого хорошо защищает от гриппа. Молекулярная структура гемагглютинина вируса гриппа хорошо изучена. Был синтезирован пептид, соответствующий последовательности аминокислот участка 91—108 гемагглютинина. Этот участок, состоящий из 18 аминокислот, содержит антигенную детерминанту гемагглютинина. Полученный пептид был затем ковалентно связан с белком (столбнячным токсидом), выполняющим роль носителя. Полученный конъюгат использовался для вакцинации кроликов и мышей. Методом диффузии в агаровом геле и иммунной радиоактивной метки было доказано присутствие в крови иммунизированных кроликов антител, направленных против полученного пептида. Иммунизированные мыши оказались в определенной степени защищены против того штамма вируса гриппа, из которого был получен гемагглютинин.

Результаты работы следует расценивать как первый шаг на пути получения синтетических вакцин.

Proceedings of the National Academy of Science of USA, 1982, v. 79, № 2, p. 569—571 (США).

Физиология

Искусственная спячка у мышей

В 1977 г. американские физиологи наблюдали у теплокровных животных снижение метаболических процессов на 35% и понижение температуры тела на 5°C, когда им вводили экстракт тканей мозга, полученный от животных, находящихся в состоянии зимней спячки¹.

Механизм перехода в зимнюю спячку у таких млекопитающих, как медведи, сусли-

ки, хомяки, ежи, летучие мыши, до сих пор неизвестен. Однако установлено, что у так называемых зимнеспящих организм сначала переходит на другой тип регуляции физиологических функций (почти полное прекращение движений, угнетенное состояние нервной системы, замедление кровообращения и дыхания), а затем температура тела животного резко снижается, почти до температуры окружающей среды.

Группа исследователей под руководством Г. Р. Иванникова (Институт биофизики АН СССР) провела эксперименты, в которых у теплокровных животных искусственно вызывалось состояние зимней спячки.

Опыты проводили весной на лабораторных беспородных белых мышах, которым делали три типа инъекций — экстракта тканей, полученного в декабре — январе от сусликов, находящихся в состоянии глубокой естественной спячки; экстракта тех же тканей от сусликов, полученного в активный летний период; и, наконец, контрольную инъекцию — физиологический раствор. Для получения экстракта использовали эпителиальные ткани, выстилающие тонкий кишечник, так как именно здесь в организме животного синтезируются нейропептиды, которые в дальнейшем поступают в мозг и играют роль регуляторов сложнейших процессов нервной системы.

В проведенных экспериментах уровень метаболической активности характеризовали количеством потребленного кислорода. (Если животное впадает в спячку, метаболизм снижается, дыхание замедляется и кислорода потребляется меньше, чем в активные периоды жизни.)

Оказалось, что введение мышам экстракта от сусликов, находящихся в состоянии спячки, отчетливо снижает потребление кислорода и вызывает падение температуры тела животных. Эффект выражен тем ярче, чем больше доза введенного экстракта: уже при дозе 1 мкг экстракта на каждый грамм веса мыши на 61% снижается потребление кислорода и через 4 часа после инъекции температура тела падает до 32,8°C. Максимальный эффект наблю-

¹ Swan H., Schatte C.— Science, 1977, v. 195, p. 84.

дался при дозе 2 мкг/г; в этом случае уровень метаболических процессов снижался на 76%, а температура тела к седьмому часу эксперимента падала до 25°, а у некоторых животных через 6 часов она составляла 22,5°, т. е. мало отличалась от температуры помещения, где проводился опыт.

Введение экстракта, полученного от сусликов в период их летней активности, оказывало эффект не больший, чем инъекция физиологического раствора.

По мнению авторов работы, в организме животных, находящихся в спячке, вырабатываются или резко увеличивают свою концентрацию одно или несколько веществ, природа которых пока не идентифицирована. В организме теплокровных эти вещества действуют как и в организме зимнеспящих: сначала снижают метаболизм, а затем понижают температуру тела. Предполагается, что их действие аналогично действию фактора, выделенного из мозга зимне-спящих животных.

Доклады АН СССР, 1982, т. 267, № 4, с. 978—980.

Вирусология

Механизм развития бешенства

Бешенство, как известно, вызывается вирусами; при этом происходит необратимое поражение центральной нервной системы животных или человека. Заболевание обычно возникает после укусов бешеных животных, главным образом собак и кошек, со слюной которых вирус попадает в организм. До клеток центральной нервной системы вирус добирается по периневральным пространствам с током циркулирующей здесь жидкости. До сих пор неясно, с какого места начинается путь вируса в организме и где находятся рецепторы, к которым он вначале прикрепляется.

Т. Лентц (T. Lentz; секции биологии клеток, сравнительной медицины и отделение эпидемиологии Йельского университета,

США) с помощью методов иммунофлуоресценции и радиоактивной метки исследовал присутствие рецепторов вируса бешенства в ткани диафрагмы мышей и на культивируемой в питательной среде мышечной ткани 11-дневных куриных эмбрионов. Частицы вируса бешенства, добавленные к этим тканям, были обнаружены затем в местах соединения нервных и мышечных волокон диафрагмы, а также в мышечной ткани эмбрионов. По своей локализации они совпадали с рецепторами ацетилхолина, которые обычно во множестве присутствуют в этих местах. (Ацетилхолин образуется в нервной системе человека и животных и служит для передачи нервного возбуждения.)

Science, 1982, v. 215, № 4529, p. 182—184 (США).

Медицина

Риск заболеть диабетом

В борьбе с диабетом чрезвычайно важно вовремя предупредить развитие заболевания. В связи с этим интересны исследования, выполненные под руководством А. Киссеба (A. Kissebah; Висконсинский медицинский колледж, США). Были обследованы 52 женщины в возрасте от 20 до 40 лет, у 43 из них вес превышал норму. При этом у 25 полной была верхняя половина тела (талия, грудная клетка, шея, руки), а у 18 — нижняя (главным образом, области бедер и таза). Остальные 9 женщин имели нормальный вес и служили контролем. Все пациентки предварительно прошли обычное медицинское обследование и были признаны здоровыми. Однако специальное обследование, проведенное в условиях стационара, дало другие результаты: у всех женщин с излишним весом верхняя половина тела показателями по тесту переносимости глюкозы были изменены по сравнению с нормой, причем у 15 из них этот показатель был такой же, как и у больных диабетом. У женщин с полной нижней частью тела, как и у женщин с нормальным весом, этот показатель был в

норме. Кроме того, в крови у первой группы обследованных, в отличие от второй группы и контроля, было увеличено содержание жирных кислот и инсулина.

Интересные результаты были получены и при исследовании образцов жировой ткани. Жировые клетки женщин второй группы были нормального размера, но их количество оказалось значительно больше, чем в норме. У женщин первой группы количество жировых клеток не было увеличено, но каждая из них имела больший размер, чем в норме.

Известны исследования Дж. Рота (J. Roth; Национальный институт по изучению артритов, диабета, заболевания почек и пищеварительного тракта, США), который установил, что увеличение размеров жировых клеток ведет одновременно к уменьшению на их поверхности числа рецепторов для инсулина. А это, в свою очередь, повышает нагрузку на поджелудочную железу, вырабатывающую инсулин, что в конечном счете может привести к развитию диабета.

Чтобы получить большой статистический материал о распределении полноты у женщин, группа Киссеба обследовала еще 15 тыс. белых женщин США, имевших повышенный вес. Оказалось, что у 25% обследованных излишний вес был сосредоточен в нижней половине тела, а у 25% — в верхней. У остальных обследованных он был распределен равномерно между обеими половинами тела. По мнению авторов, риск заболеть диабетом у женщин с более полной верхней частью тела почти в 10 раз выше, чем для женщин с нормальным весом. По-видимому, в США уже имеется около 6 млн таких женщин с субклиническими признаками этого заболевания.

Но установлено, что сбросить лишний вес с помощью диеты таким женщинам значительно легче, чем тем, у кого полная нижняя половина тела. Поэтому снижение веса до нормы у женщин, предрасположенных к диабету, очень быстро приводит к исчезновению субклинических симптомов заболевания.

Science, 1982, v. 215, № 4533, p. 651 (США).

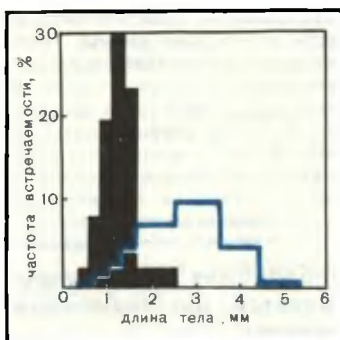
Зоология

Предостерегающая окраска планктонных животных

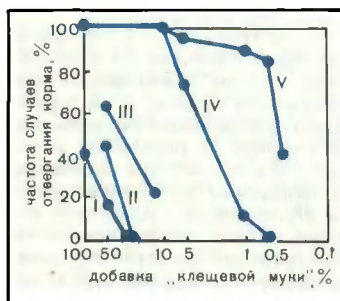
Поскольку планктонные животные обитают в толще воды, им обычно негде спрятаться от своих преследователей. Чтобы не стать жертвами хищников — рыб-планктофагов, они должны были в процессе эволюции или сохранять очень мелкие размеры, энергетически невыгодные для крупных хищников, или же — при увеличении размеров — оставаться по возможности незаметными за счет повышения прозрачности всех тканей тела¹. Подавляющее большинство планктонных животных пресных вод идет по одному из этих двух путей эволюции.

Есть, однако, еще один возможный путь защиты от хищников: продуцирование специальных, обычно токсических, веществ (которые делают жертву невкусной или несъедобной для хищника) и одновременно приобретение яркой предупреждающей окраски. Подобный способ часто встречается среди различных наземных организмов, но среди водных, и особенно планктонных, распространен гораздо реже. К таким животным в пресноводном планктоне можно отнести только водяных клещей (*Hydracarina*), специальные железы которых, как давно уже было известно, вырабатывают вещества, вызывающие у рыб реакцию отвергания.

Недавние исследования Ч. Керфута (W. C. Kerfoot) из Дартмутского колледжа (Нью-Гэмпшир, США) показали², что мелкие (длиной 1—1,5 мм) виды водяных клещей обычно имеют черную или коричневую окраску, а крупные (2—4 мм) — ярко-красную, причем группы видов, выделенные по характеру окраски, не соответствуют оп-



Частота встречаемости клещей разного размера. Темная гистограмма — для клещей черной и коричневой окраски (736 измеренных особей = 100%); светлая гистограмма — для клещей красной окраски (684 измеренных особи = 100%).



Частота случаев отказа от корма в зависимости от содержания в нем «клещевой муки». Особенно эффективно сказывается добавление «муки», приготовленной из краснокрасных клещей *Eyalis* (V) и *Limnochares* (IV); представители остальных родов клещей, использованных в опыте (*Piona* — III, *Limnesia* — II, *Neumania* — I), имеют темно-коричневую окраску.

ределенным таксономическим группам. Поскольку рыбы всегда выбирают из зоопланктона наиболее крупную добычу, понятно, что для крупных видов клещей наличие химических средств защиты и предупреждающей окраски особенно важно.

Для количественной оценки несъедобности разных видов клещей Керфут изготавливал из

высушенных клещей «муку», которую добавлял в различных пропорциях к искусственному корму для рыб. Шарики, содержавшие добавку этого вещества, предлагали в качестве корма рыбам гуппи (*Debistes reticulatus*), которые их или поедали или выплевывали. Установлено, что по мере увеличения содержания в шариках «клещевой муки» возрастает процент случаев отвергания их рыбами. При этом если использовалось вещество краснокрасных клещей (*Eyalis*, *Limnochares*), то 100%-ное отвергание кормовых шариков наблюдалось при значительной меньшей добавке «муки», нежели в случаях, когда использовалось вещество клещей, окрашенных в коричневый или черный цвет (*Piona*, *Limnesia*, *Neumania*).

Таким образом, было подтверждено, что красные — яркие — виды клещей, действительно, более несъедобны для рыб.

Опыты, проведенные ранее Керфутом на американских ушастых окунях (*Lepomis gibbosus*), показали, что рыбы этого вида, пойманные в природе, обычно не хватают клещей, а выращенные в лаборатории на искусственных кормах хватают, но тотчас выплевывают их и в скором времени перестают их трогать. Эта способность рыб быстро научиться избегать неприятного корма и была учтена при постановке описанных опытов с гуппи. Для каждого опыта использовали рыбок, которые ранее никогда не сталкивались с водяными клещами.

А. М. Гиляров,

кандидат биологических наук

Москва

Зоология

Эпизоотия среди тюленей

Американские зоологи наблюдали внезапное развитие эпизоотии среди тюленей (*Phoca vitulina*), обитающих у побережья северо-восточных штатов США. Впервые заболевшие животные были замечены в декабре 1979 г. Болезнь распро-

¹ Подробнее см.: Гиляров А. М. Отношения «хищник — жертва» в зоопланктонном сообществе. — Природа, 1982, № 11.

² Kerfoot W. C. — Ecology, 1982, v. 63, № 2, p. 538.

странялась с большой скоростью, и в течение декабря было выловлено 130 трупов тюленей. Затем болезнь стала продвигаться дальше на север и свирепствовала вплоть до ноября 1980 г. К этому времени число погибших животных достигло 445 (эта цифра не отражает, правда, всего количества погибших животных, так как, по всей вероятности, трупы многих из них просто не были обнаружены). 90% погибших тюленей не достигли трехлетнего возраста. Процент гибели самцов и самок примерно одинаков. В исследовании причин эпизоотии принимали участие сотрудники ряда ветеринарных служб северо-восточных штатов страны.

Клинические признаки болезни выражались в нарушении координации движений и явлениях тяжелого респираторного заболевания. У тюленей отмечалась пневмония с некротическим бронхитом и кровоизлияниями в легочной ткани. При поисках возбудителя заболевания в легких и мозгу павших животных был обнаружен вирус гриппа типа А (A/Seal/Mass/1/80), который по своим антигенным свойствам оказался сходен с вирусом гриппа типа А, выделенным у птиц. Кроме того, из легких животных были выделены мелкие полиморфные микроорганизмы — микоплазма (патогенные виды микоплазм вызывают пневмонию у животных и людей).

Проведенный анализ причин эпизоотии позволяет высказать предположение, что обнаруженная микоплазма в сочетании с некоторыми условиями внешней среды (затянувшейся теплой погодой, большой скученностью животных и др.) могла спровоцировать переход латентной формы вируса гриппа в активное состояние. Пока трудно объяснить, каким образом вирус гриппа попал в организм тюленей. Предполагается, что его переносчиком могли стать обитающие в этих местах морские ласточки, у которых он был обнаружен в латентной форме.

Важно отметить, что подобные эпизоотии среди тюленей наблюдались и раньше, но не были достаточно тщательно исследованы. Полученные данные расширяют существующие

представления о распространении в природе вируса гриппа и условиях проявления его патогенности.

Science, 1982, v. 215, № 4536, p. 1129—1131 (США).

Почвоведение

Плодородие почвы определяется дистанционным методом

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте сельскохозяйственной метеорологии (П. П. Федченко и др.) изучались спектральные характеристики различных почв и возможность определения по ним содержания гумуса в почве, что позволяет наиболее надежно судить о ее плодородии.

С этой целью в лаборатории было получено 74 спектрограммы почв с различным содержанием гумуса, а на территории Центральной Украины были выбраны 30 различных участков (50×50 см) для наземных исследований. Для более точного определения гумусности использовалась информация о спектральной яркости почв в нескольких участках спектра. В соответствии с колориметрической методикой определялись так называемые координаты цвета, а по их сумме W — содержание гумуса.

Установлено, что существует четкая линейная зависимость между содержанием гумуса C (в пределах 0—7%) и координатами цвета W (с ростом C W уменьшается). Построенный на основе полевых измерений график был использован в качестве градуировочной кривой для определения гумусности по результатам измерений коэффициента спектральной яркости с самолетов.

Весной, через 2—3 дня после вспашки (чтобы исключить влияние влажности), на территории Украины и Молдавии производились спектральные измерения с самолета АН-2; высота полета 100 м, высота солнца не менее 40°; спектрометрирование проводилось примерно через 5—10 км вдоль промерных линий, удаленных

друг от друга на 30—40 км. Всего получено около 2 тыс. точек.

В итоге построена карта гумусности почв Украины и Молдавии масштаба 1:1 500 000. Таким образом, показано, что с помощью достаточно простого дистанционного метода можно определять гумусность (а следовательно, и плодородие) почв на больших территориях за короткий срок.

Исследования Земли из космоса, 1982, № 5, с. 72—79.



Экология

Теплолюбивые животные в водоемах-охладителях электростанций

Чтобы рационально использовать водоемы-охладители тепловых гидроэлектростанций, их успешно заселяют теплолюбивыми видами рыб. Однако для улучшения кормовой базы такого рыбоводства необходимо заселять водоемы-охладители и другими теплолюбивыми животными, которые могли бы стать для рыб естественным источником питания. Возможность акклиматизации субтропических видов ракообразных и теплолюбивых моллюсков в прудах-охладителях Березовской ГРЭС (БССР) изучают сотрудники Института зоологии АН БССР.

Н. Н. Хмелева, Ю. Г. Гигиняк и В. Ф. Кулеш исследовали рост и развитие личинок субтропических пресноводных креветок *Macrobrachium nipponense* при их садковом содержании. Температура воды в прудах-охладителях летом составляла 27—31°C, осенью 24—30°C, а зимой опускалась значительно ниже. Личиночный период развития креветок состоял из 9 последовательно сменяющихся планктонных стадий. После завершения метаморфоза креветки переходили к донному образу жизни. Для полного метаморфоза и завершения личиночного периода требуемая сумма эффективных температур — около 500 градусо-дней, поэтому из-за снижения температуры воды в осенне-зимний период рост и

развитие креветок, родившихся осенью, замедлялся. Однако такая разнокачественность развития отмечалась и у креветок из одной и той же летней яйцекладки. Примерно 12% из опытной популяции имели высокие показатели роста и уже через 2,5 месяца приступали к размножению. Остальные особи достигали половозрелости и давали первые кладки яиц лишь весной или даже осенью следующего года.

Недавно А. П. Голубев и Т. М. Даенко завершили эксперименты по выращиванию теплолюбивого брюхоногого моллюска-прудовика *Limnaea hodutkae*. Его рост и развитие были прослежены от яиц до половозрелой стадии при содержании в садках в прудах-охладителях. Половозрелыми моллюски становились в среднем на 56 сутки после вылупления. Авторы считают, что замедление их роста и развития по сравнению с темпами, наблюдающимися в естественных условиях (в воде геотермальных источников Камчатки), при одинаковых температурах может быть обусловлено необычным для них и малокалорийным кормом — осевшими на дно остатками водорослей, главным образом синезеленых.

Работы минских зоологов показали, что креветки *Macrobrachium pinnipendens* и моллюски *Limnaea hodutkae* в условиях водоемов-охладителей имеют короткий период развития и довольно высокие темпы роста (накопления массы). Это позволяет считать их перспективными кандидатами для заселения рыбных прудов в зоне действия ГРЭС. Кроме того, моллюски будут играть роль биологических фильтров в очистке придонных слоев.

Доклады АН БССР, 1982, т. 26, № 6, с. 567—570; Весті Академії наук БССР, серія біялагічных навук, 1982, № 4, с. 101—102.



Экология

Нефтяное загрязнение Атлантического океана

Научно - исследовательские суда Государственного океанографического института

(ГОИН) с 1975 г. ведут постоянные наблюдения за содержанием нефтяных углеводородов в водах северной части Атлантического океана. Эти работы осуществляются в рамках Опытного проекта МОК—ВМО (Межправительственная океанографическая комиссия — Всемирная метеорологическая организация).

Нефтяное загрязнение Мирового океана, приобретшее из-за своих масштабов огромное экологическое значение, имеет разные формы: нефтяные агрегаты, смоляные комки, пленки, растворенно-эмульгированные фракции. На основе большого числа наблюдений за тремя формами загрязнения (пленки, эмульсии, агрегаты)¹ сотрудники Одесского отделения ГОИН Е. А. Сабченко, И. Г. Орлова, В. А. Михайлова и Р. И. Лисовский оценили современный уровень нефтяного загрязнения Атлантического океана. Наблюдения проводились в период 1977—1979 гг. в основном между 5-й и 70-й параллелями с. ш.

Нефтяные пленки обнаружены главным образом в шельфовых водах — районах интенсивного судоходства и транспортировки нефти. Средние величины содержания пленочной нефти максимальны у побережья Северной Америки и Европы. Здесь загрязнение в 2—3 раза выше, чем в открытой части океана. Исследования временной (межгодовой) изменчивости указывают на существенные колебания уровня загрязнения, носящие разнонаправленный характер: если в одних случаях наблюдается тенденция к его уменьшению (район Гольфстрима), то в других — тенденция к увеличению (районы Канарского течения). Как правило, максимальная изменчивость присуща динамически активным зонам (Гольфстрим) или зонам, наиболее подверженным загрязнению (Канарское течение), устойчивость — открытым водам океана.

Нефтяные агрегаты — наиболее устойчивая форма

загрязнения. Из общего числа проб, отобранных в поверхностном слое, нефтяные остатки отмечены в 68% случаев; содержание их менялось от 0,1 до 218,5 мг/м². Поля таких загрязнений формируются в Кадисском заливе, у берегов Африки и Америки. Содержание нефтяных агрегатов достигает здесь в среднем 20—40 мг/м². В западной части Саргассова моря — центре большого антициклонального круговорота вод — оно повышается до 80 мг/м², что обусловлено динамическими факторами. Временная изменчивость содержания нефтяных агрегатов, в отличие от пленок, носит более устойчивый характер. В целом для Северной Атлантики отмечена тенденция увеличения их содержания (13,9 · 10³ т; 16,2 · 10³ т; 17,6 · 10³ т, соответственно для 1977, 1978 и 1979 гг.). Это свидетельствует о непрекращающемся процессе загрязнения Атлантического океана.

Растворенно-эмульгированные фракции углеводородов обнаружены в 44,5% из общего числа проб, взятых в поверхностном слое вод. Области с максимальными величинами концентраций приурочены к шельфовым районам и районам интенсивного судоходства и перевозки нефти.

Метеорология и гидрология, 1982, № 4, с. 56—65.



Экология

Влияние цианидов на обитателей водоемов

Объединенный комитет по разработке научных критериев качества окружающей среды при Национальном научно-исследовательском совете Канады опубликовал обзор литературы, посвященный влиянию цианистых соединений на пресноводных рыб и других обитателей водоемов. Этот вопрос привлек к себе внимание в связи с участвовавшими случаями массовой гибели ценных промысловых пород рыбы в результате

¹ О загрязнении океана смоляными комками см.: Природа, 1982, № 11, с. 88.

сброса в водоемы сточных вод, загрязненных высокотоксичными веществами, в том числе цианистыми соединениями. В Британской Колумбии, например, по данным 1982 г., погибло около 20 тыс. особей лосося *Salmo gairdneri* в результате массового сброса в реку цианидов.

К основным антропогенным источникам цианидов в Канаде относятся: золотые прииски, на которых эти соединения используются при извлечении золота из руды; горно-обогатительные и химические предприятия; сельское хозяйство, где цианиды применяются для протравливания семян, в качестве гербицидов, фунгицидов и т. д. В сточных водах промышленных предприятий содержание цианидов колеблется от 0,3 до 26 мг/л. Концентрация цианидов в речной воде может достигать 30—60 мг/л.

К цианидам относят соединения, содержащие группу $—C\equiv N$. Их подразделяют на свободные (HCN , CN^-), простые (KCN , $NaCN$), комплексные (например, нитропруссид натрия $Na_2[FeNO(CN)_5]$ и органоцианиды. Простые, а также некоторые комплексные и органоцианиды легко диссоциируют в растворах на катион и анион свободного цианида; именно этой способностью и определяются их токсические свойства.

Механизм токсического действия цианидов на рыб сходен с их влиянием на теплокровных животных. Острое действие цианидов определяется способностью аниона цианида блокировать дыхательную цепочку в результате взаимодействия с ферментом цитохромоксидазой, поэтому причиной смертельного исхода при остром отравлении цианидами является нарушение дыхания. LC_{50} (концентрация, вызывающая гибель 50% особей) HCN для разных видов рыб варьирует в зависимости от ряда факторов (в первую очередь — температуры и pH среды) от 30 до 150 мг/л. Цианиды более токсичны при низкой температуре. Для радужной форели, например, при увеличении температуры с 6 до 18 °C LC_{50} HCN увеличивается с 18 до 87 мг/л. При воздействии низких концен-

траций в течение длительного периода большое значение приобретает способность цианидов, кроме цитохромоксидазы, ингибировать активность других ферментов, например сукцинатдегидрогеназы, входящей в состав цикла Кребса — основного поставщика электронов в дыхательную цепочку. В результате угнетения активности цитохромоксидазы и сукцинатдегидрогеназы компенсаторно активируется гликолиз, и в тканях накапливается токсичная для организма молочная кислота, что неблагоприятно отражается на всех физиологических процессах. Цианиды нарушают также синтез витамина B_{12} , в результате чего повреждается важнейшее звено клеточного метаболизма — реакции метилирования. Это приводит к угнетению синтеза ДНК и блокированию митозов.

Метаболизм цианидов в организме происходит с участием локализованного в матриксе митохондрий фермента роданезы, который осуществляет превращение HCN в менее ядовитые роданиды CNS^- . Роданиды, в свою очередь, нарушают синтез гормона щитовидной железы. Гормон щитовидной железы играет важную роль в процессе физиологической адаптации рыб к окружающей среде, в том числе в процессах температурной адаптации и осморегуляции в периоды их миграции из пресных вод в соленые и обратно, поэтому нарушение его секреции может привести к ухудшению адаптивных возможностей и гибели рыб.

Цианистые соединения высокотоксичны и для таких обитателей водоемов, как лягушки, саламандры, личинки поденок и других насекомых, для которых LC_{50} HCN колеблется в пределах 2—432 мг/л. Высокая смертность этих организмов может сильно отражаться на темпах роста рыб в водоемах. Этот эффект усугубляется действием цианидов на репродуктивную функцию рыб. В эксперименте показано, что воздействие этого вещества в концентрации 15 мг/л в течение 265 суток снижает количество икринок, отложенных самой карповых рыб вида *Pimephales promelas*, на 50%. Цианистые соединения на-

рушают и замедляют созревание ооцитов и сперматоцитов рыб. Гистологический анализ позволил установить аномалии развития ооцитов при воздействии HCN в концентрации 10 мг/л, при этом в первую очередь в клетках повреждаются митохондрии.

Таким образом, цианиды даже в малых концентрациях (на уровне 2—10 мг/л HCN) оказывают неблагоприятное влияние на популяции рыб и других организмов в водоемах вследствие угнетения их репродуктивной способности, замедления темпов роста мальков, нарушения метаболизма и адаптивных возможностей организма этих животных.

National Research Council Canada,
Publications, 1982, № 19246
(Канада).



Охрана природы

Программа «Человек и биосфера» на Кубе

Весьма своеобразный уголок субтропической природы, привлекающий большой интерес зоологов, ботаников, экологов, расположен на п-ве Сапата (южная побережье Центральной Кубы), далеко вдающемся в Карибское море. Значительная часть полуострова — около 150 тыс. га — это заболоченная местность с тем же названием. В болотах Сапаты встречается более 80% всех видов птиц, населяющих Кубу. Среди них колибри (*Mellisuga helenae*), сапатский выюрок (*Ferminia cervicaris*), большой фламинго (*Phoenicopterus ruber*), белогривый голубь (*Columba leucocephala*), синекрылый чирок (*Anas discors*) и др. Многие перелетные птицы используют Сапату для временного пристанища.

Наиболее своеобразными из здешних позвоночных являются крокодилы кубинский (*Crocodylus rhombifer*) и американский (*C. acutus*), кубинская сухопутная игуана (*Cyclura nacleayi*), крупный грызун хутия кубинская (*Capromys pilorides*), ламантин (*Trichechus manatus*).

Многие из них подлежат охране как находящиеся под угрозой исчезновения.

Чрезвычайно характерны растительные экосистемы этой области. Здесь встречаются растения, свойственные пресноводной и морской среде, маршам (солончаткам приморским болотам), мангровым лесам, низменным вечнозеленым и листопадным зарослям.

Воды многочисленных рек Сапаты медленно стекают по пористому известняковому ложу в залив Броа. Туда же впадают подземные потоки. Западная часть болот Сапаты примыкает к заливу Батабано, который играет важную роль связующего звена между экосистемами суши и моря. Этот залив площадью более 20 тыс. км² со средней глубиной всего около 6 м представляет собой настоящий лабиринт шхер, утесов, многочисленных мелких и мельчайших островков, которые разделяют акваторию на отдельные бассейны. Здесь богатое скопление рыбы; 80% омаров Кубы вылавливается в этом заливе.

Область Сапата важна и с гидрологической точки зрения: она регулирует количество влаги в водном слое всей провинции Матансас, где расположены крупнейшие цитрусовые плантации, плантации сахарного тростника и риса.

Ввиду научного и экономического значения этого района здесь введен полный запрет на все виды охоты и создано два заповедника: Ла-Салина (38 тыс. га) и Санто-Томас (14 тыс. га). Организован центр по разведению, изучению и охране крокодилов. Для местного населения читаются лекции о ценности флоры и фауны Сапаты.

20 лет назад эта область была редко заселена. Бурное развитие цитрусоводства, рисосеяния и возделывания сахарного тростника, строительство сахарных заводов, рост потребления воды привели к существенным изменениям среды. Последствия таких изменений изучают ныне научные коллективы Академии наук Кубы и ряда ее министерств и ведомств. Координирует эту работу Кубинский национальный комитет международной программы «Человек

и биосфера». Венгерская академия наук, обладающая большим опытом в исследовании процессов загрязнения водных систем, направила на Кубу своих экспертов. В ходе сотрудничества между академиями наук Кубы и ВНР разработан план совместных экологических исследований на 1981—1985 гг. Основная его цель — экологическая оценка влияния пестицидов и удобрений на экосистемы вод и суши.

Ambio, 1982, v. XI, № 4, p. 231—234 (Швеция).

Геотектоника

Время излияния базальтов в Центральном французском массиве

К южной части Центрального массива — геологической провинции в центре Франции, которая сложена породами, претерпевшими герцинскую фазу складчатости (около 300 млн лет назад), — примыкает обширная область (плато Обрак), где распространены более молодые покровы щелочных базальтов. С севера эта область ограничена крупным потухшим вулканом Канталь, а на юге ее сменяет зона дисперсного, все более слабо проявлявшегося в южном направлении вулканизма. На основе палеомагнитных измерений считалось, что излияния базальтов на поверхность произошли здесь около 2 млн лет назад, однако это противоречило имевшимся геологическим данным об основных этапах тектонических движений в Европе. Возникал вопрос: чем были вызваны эти извержения базальтов, казалось бы, не связанные ни с одной из известных фаз деформаций? Исследования геологов из Национальной геологической службы Франции Ж. Боброна и Ж. Деманжа (J. Baubron, J. Demange) позволили устранить это противоречие: выяснилось, что вулканизм в Центральном массиве проявился значительно раньше.

Определив возраст базальтовых пород калий-аргоновым методом, авторы установили, что извержения проходили в

три фазы: около 9,2, между 8 и 7,5 и около 5,8 млн лет назад. В среднюю фазу на земную поверхность излилась основная масса базальтового расплава. Петрографический анализ образцов пород показал, что расплав, прежде чем излиться на поверхность, прошел длительный путь дифференциации. Этот факт, а также наличие среди базальтов перидотитовых нодулей (кусочков инородных, ультраосновных пород) дали основание считать, что базальты извергались из неглубоко расположенных промежуточных магматических камер. Излияния происходили по системе трещин в земной коре, ориентированных в северо-западном направлении — они наследуют направление протирания складчатых систем герцинского возраста.

Оказалось, что время излияния базальтов плато Обрак соответствует понтийской фазе складчатости в Альпах. Вероятно, тектонические движения, охватившие Альпийскую складчатую зону, в значительной мере повлияли и на периферическую, более стабильную область, в которую входит территория современной Франции, вызвав там локальный вулканизм.

Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1982, v. 14, p. 67—75 (Нидерланды).

Геохимия

Состав инертных газов метеорита Царев

Данг Ву Минь, В. И. Си-моновский, М. М. Фугзан и др. (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР) исследовали методом масс-спектрометрии сложный изотопный состав инертных газов в метеорите Царев и сравнили его с изотопным составом газов в углистых хондритах, а также пробах лунного грунта (реголитах). Это наиболее крупный каменный метеорит, найденный на терри-

тории СССР, и третий по величине в мире; 28 его больших осколков общей массой 1100 кг были найдены в 1968 г. в районе поселка Царев Волгоградской обл.

Выделенный из проб метеорита Царев ксенон по изотопному составу отличается от изотопного состава ксенона углистых хондритов, солнечного ветра (проб лунного грунта) и земной атмосферы. Так, в метеорите Царев обнаружен существенный избыток изотопа ^{129}Xe , значительно больший, чем во многих других хондритах. По предположениям, радиогенный изотоп ^{129}Xe образовался при β -распаде «вымершего» к настоящему моменту изотопа ^{129}I , появившегося в процессе ядерного синтеза при вспышке сверхновой звезды, давшей начало Солнечной системе.

Изотопный состав криптона в метеорите Царев ближе к изотопному составу криптона лунного грунта, чем атмосферы Земли, углистых хондритов или солнечного ветра. Это связано с присутствием в метеорите Царев и в лунном грунте космогенных изотопов, в первую очередь ^{80}Kr и ^{78}Kr . Такие изотопы, по-видимому, образуются при взаимодействии космических частиц высоких энергий с ядрами атомов Sr, Zr и других элементов, присутствующих в веществе метеорита Царев и пробах лунного грунта. Аналогичными процессами авторы объясняют также образование в метеорите Царев космогенных изотопов ^{21}Ne и ^{38}Ar с относительно высоким содержанием.

Определение концентрации изотопов ^{40}Ar и ^{40}K , авторы установили нижний предел времени кристаллизации вещества метеорита Царев — 2,7 млрд лет назад.

Данные о многокомпонентном изотопном составе инертных газов метеорита Царев свидетельствуют о его сложной «космической» истории и представляют интерес для дальнейших исследований.

Доклады АН СССР, 1982, т. 264, № 1, с. 204—208.

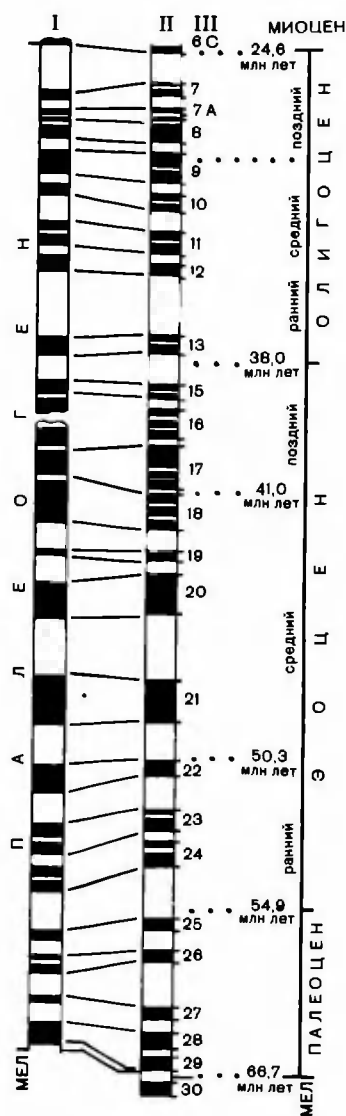
Геофизика

Магнитная стратиграфия палеогена

Установлено, что магнитное поле Земли периодически изменяло свой знак на противоположный. Благодаря наличию в горных породах магнитных минералов эти инверсии геомагнитного поля запечатлелись, словно на магнитной ленте, и в осадочных, и в магматических породах. Последовательность извержений магматических пород отражается, в частности, в линейных магнитных аномалиях океанов. Палеомагнитная шкала, показывающая частоту и длительность инверсий в геологическом прошлом, была для палеогена (56,7—24,6 млн лет назад) впервые составлена по магнитным аномалиям Южной Атлантики. В дальнейшем она уточнялась по результатам исследований на суше, что дало возможность сопоставить возраст геологических рубежей и отдельных инверсий геомагнитного поля, придав последним смысл реперов геологического времени.

Группа геологов и геофизиков из Италии, Швейцарии и США¹ провела био- и магнито-стратиграфические исследования палеогеновой части осадочных отложений в районе местечка Губбио в Италии и составила новую палеомагнитную шкалу, наиболее полную из имеющихся в настоящее время шкал для суши.

Известняки района Губбио отлагались на материковом склоне древнего океана Тетис. Накопление осадков шло особенно быстрыми темпами в меловое время (10—15 м/млн лет); в палеогене скорость уменьшилась до 1—4 м/млн лет. Благодаря своей исключительной полноте мел-палеогеновый разрез Губбио стал объектом



Сопоставление палеомагнитных шкал: I — новой, составленной для палеогена разреза Губбио, II — старой, составленной по магнитным аномалиям океана. Приведены номера магнитных аномалий, принятые для датировки их возраста в морской геофизике (III). Темные и светлые участки шкалы соответствуют противоположным направлениям геомагнитного поля (прямое и обратное намагничение). Пунктиром обозначено положение палеомагнитных рубежей.

¹ Lowrie W., Alvarez W., Napoleone G., Perch-Nielsen K., Premoli Silva I., Toumarkine M. — Geol. Soc. Amer. Bull., 1982, v. 93, p. 414.

геологических, геохимических и геофизических исследований и получил статус стратотипического, или опорного, для Европы.

Корреляция этой новой палеомагнитной шкалы и старой, составленной по морским магнитным аномалиям, достаточно хорошая, хотя в данных, полученных на суше, отсутствует ряд инверсий, предполагавшихся ранее. В частности, подтверждено, что не было инверсии на границе эоцена и олигоцена (ранее считалось, что ей соответствует морская аномалия № 14). Сопоставление магнитных, биостратиграфических и геохронологических данных позволило авторам уточнить положение ряда палеомагнитных рубежей на шкале геологического времени. Установлено, что границы палеоэоцена и эоцена соответствуют на шкале инверсий интервал обратной геомагнитной полярности, по возрасту моложе аномалии № 25; границы эоцена и олигоцена также отвечает интервал обратной геомагнитной полярности, расположенный между аномалиями 13 и 15 (а не 15 и 16, как считалось ранее). Рубежу олигоцена и миоцена соответствует зона обратного знака, по возрасту немного древнее аномалии 6С (а не 6В, как считалось раньше). Определен также возраст более второстепенных границ, таких как рубеж среднего и позднего олигоцена, раннего и среднего, среднего и позднего эоцена и др. Таким образом, новая шкала может служить основой для более точного определения возраста геологических формаций, в особенности для расчленения так называемых «немых», т. е. лишенных органических остатков толщ.

Новые датировки инверсий геомагнитного поля позволили авторам определить, что скорость расширения дна в Южном Атлантике испытывала в палеогене значительные колебания, до 30% от средней величины 1,9 см/год, которая принималась обычно для реконструкции истории развития этой части Мирового океана.

А. Е. Сузюмов,
кандидат

геолого-минералогических наук

Сейсмология

Прогноз землетрясений из космоса

По современным представлениям, подготовка землетрясений на заключительной стадии связана с такими разрушениями земных пород, которые сопровождаются электромагнитными аномалиями на поверхности Земли и в атмосфере. Предполагается, что электрические поля сейсмического происхождения — крупномасштабные импульсы тока в земной коре, возникающие перед землетрясениями — возбуждают вторичные источники излучения в атмосфере.

М. Б. Гохберг, В. А. Пилипенко, О. А. Похотелов (Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР) попытались экспериментально обнаружить электромагнитное излучение над эпицентром готовящегося землетрясения, используя информацию об электромагнитных возмущениях, зарегистрированную приборами искусственных спутников Земли. Так, например, американский спутник "OGO-6", выведенный на близкую к круговой орбиту на высоте 800—1000 км над поверхностью Земли, с помощью чувствительного магнитометра непрерывно регистрировал изменяющееся электромагнитное поле Земли в диапазоне 10—1000 Гц. Советские исследователи рассчитывали, что условия распространения сейсмического электромагнитного «сигнала» в волноводе, образуемом поверхностью Земли и ионосферой, позволят наблюдать импульс, связанный с готовящимся землетрясением, в очень низком диапазоне частот. Действительно, в информации, переданной спутником, они обнаружили 3 таких импульса.

Делая витки над поверхностью Земли, спутник иногда проходил над районом, где в недрах планеты шла подготовка к землетрясению. Однако «уведомление» об этом удалось получить только при определенных условиях: если спутник пролетал над эпицентром будущего землетрясения в ночное время

(так как радиоволны низкой частоты днем практически полностью поглощаются ионосферой); если землетрясение было достаточно мощным, с магнитудой больше 5,5; если центр землетрясения располагался на глубине не более 80 км; сигналы поступали только за несколько часов до землетрясения и никогда после уже свершившегося события.

Основная трудность обнаружения из космоса электромагнитного излучения от сейсмического источника состоит в том, что приходится учитывать и другие события. Например, чувствительный магнитометр спутника регистрирует разряды молний, импульсы в магнитосфере от частиц высоких энергий. Однако, как правило, амплитуда таких импульсов меньше амплитуды сейсмических «сигналов».

Необходима дальнейшая проверка и уточнение проведенного эксперимента на спутниках с менее удаленной от Земли орбитой.

Доклады АН СССР, 1983, т. 268, № 1, с. 56—58.

Геотектоника

Движения земной коры прослеживаются по древним ирригационным каналам

В северной части Перу до последней четверти XV в. существовало государство Чиму, основой экономики которого было орошаемое земледелие. Густая сеть ирригационных каналов подводила воду из предгорных районов Анд к засушливой области, тянувшейся вдоль побережья Тихого океана. Система этих каналов сооружалась между 500 и 1200 гг., когда Чиму достигло своего могущества, но затем, когда государство ослабло и в 1476 г. было завоевано инками, она пришла в упадок.

К настоящему времени площадь обрабатываемой здесь земли сократилась до 30—

50% от той, какую она занимала 1—2 тыс. лет назад. Археологи и историки не могли установить причин, почему столь совершенная ирригационная сеть Чиму разрушилась в довольно короткий исторический срок. Объяснение было найдено благодаря исследованиям, проведенным геофизиками и геодезистами в экспедиции, которую возглавляли М. Мосли (M. Moseley; Чикагский музей естественной истории) и Ч. Ортлоф (C. Ortloff; одна из лабораторий компании «Дженерал электрик»).

Было установлено, что вертикальные тектонические движения земной коры в этом районе в среднем достигают 1,8 см/год. Этого вполне достаточно, чтобы в течение немногих столетий исказить уклон водопроводящей системы и постепенно полностью ее нарушить. Раскопки подтвердили, что такие нарушения часто имели место и строители Чиму постоянно с ними боролись, совершенствуя и перестраивая каналы. Окончательный удар этой крупнейшей ирригационной системе Южной Америки был нанесен тропическими ливнями, которые эпизодически стали захватывать эту засушливую область. Сейчас установлено, что ливни были связаны с изменениями морского течения Эль-Ниньо в Тихом океане. Около 1100 г., как рассказывают индейские легенды, а ныне подтверждает анализ осадочных пород, произошло катастрофическое наводнение, вызванное особенно интенсивными ливнями. Находившаяся и без того в напряженном состоянии оросительная система не выдержала резкого изменения ландшафта и окончательно разрушилась.

Такие выводы важны не только в археологическом и историческом отношении, они существенны и для современной деятельности человека. Дело в том, что в Перу идет строительство весьма крупной ирригационной системы, и, чтобы избежать аналогичных последствий, необходимо тщательное изучение геофизических, геотектонических и сейсмологических аспектов.

Археология

Древнейшие захоронения на территории Литвы

Долгое время на территории Литвы могильники каменного века (11 тыс. — 1600 лет до н. э.) не были известны. Это затрудняет решение сложных антропологических и этнических проблем. Не были известны и обряды захоронения умерших. Отсутствие могильников — этих важнейших памятников, которые расширяют наши представления о материальной и духовной культуре конкретных человеческих групп, — не позволяло достаточно полно характеризовать древнее население Литвы.

Первые захоронения каменного века были обнаружены три года назад в Восточной Литве, у оз. Крятуонас, а затем археологи стали находить и другие памятники этого типа. В 1981 г. экспедиция Музея истории и этнографии Литовской ССР обнаружила могильник каменного века на бывшем о-ве Донкалнис в районе осушенно-

го последнединовского оз. Биржулис. Раскопки этого памятника под руководством автора продолжались и в следующем году. Нами было вскрыто 7 захоронений неолитического времени (конец III — начало II тысячелетия до н. э.).

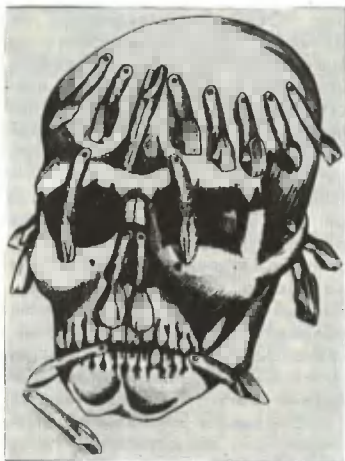
Особый интерес представляет парное захоронение, найденное на глубине 20—50 см у западного склона острова. В одной могильной яме, обильно посыпанной охрой, в вытянутом положении был захоронен мужчина, рядом с которым в скорченном положении лежала женщина. На скелете погребенного мужчины сохранились остатки нарядного костюма. Его голова была украшена ожерельем из просверленных зубов лося и кабана; такие же амулеты лежали на глазах, были вставлены в уши, нос, рот умершего, украшали его ноги. К северу от костяка мужчины мы нашли небольшое скопление камней, также посыпанных охрой, — по всей вероятности, имитировавших очаг.

Своеобразие погребального ритуала данной могилы, наличие предполагаемого символического очага, обилие охры — все это приводит нас к мысли, что погребенные здесь люди выделялись из остальной массы своих сородичей и, вероятно, имели какое-то особое, более близкое отношение к огню. Возможно, они были наделены особыми полномочиями для свершения магических обрядов, играли роль «хранителей веры», что характерно для многих первобытных религий.

Интерпретируя обнаруженный в могильнике материал, нельзя не упомянуть и об исключительном значении лося в экономике и искусстве человека каменного века Прибалтики. Культ лося — основного объекта здешнего промысла, а может быть, даже «предка рода», хорошо прослеживается в инвентаре могильника.

Собранный нами археологический материал помогает лучше представить себе жизнь наших далеких предков, наметить пути к решению многих важных вопросов антропологии, археологии и религии древних прибалтов.

А. Ю. Бутримас
Вильнюс



Реконструкция головного убора погребенного мужчины. Поселение и могильник Донкалнис (Западная Литва), конец III — начало II тысячелетия до н. э.

Мировоззрение и наука

И. Н. Смирнов,
доктор философских наук
Москва



П. В. Алексеев. ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ МАТЕРИАЛИЗМ И МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ ДИАЛЕКТИКА. М.: Высшая школа, 1981, 176 с.

Понятие «мировоззрение» так привычно и столь часто употребляется, что некоторых читателей могут удивить слова, которыми начинается первая глава рецензируемой книги: «В философской литературе понятие мировоззрения не имеет пока общезначимой трактовки» (с. 9). Но реальная ситуация именно такова. В одном контексте приходится ставить знак равенства между мировоззрением и философией; в другом — между мировоззрением и системой из философских и естественнонаучных знаний; говорят также об «экологическом», «системном», «эволюционном» мировоззрении; о мировоззрении

общественном и индивидуальном. И так далее. Эта многозначность объясняется тем, что мировоззрение — чрезвычайно сложный духовный феномен, имеющий много уровней и аспектов.

Главным вопросом всякого мировоззрения выступает отношение человека к миру, поскольку человеку необходимы ориентиры, указывающие верный путь в отношениях с другими людьми, в его делах и поступках.

Весьма существен для мировоззрения его ценностный компонент, под которым подразумеваются взгляды, идеалы, жизненные принципы. При этом важно соотношение субъективных и объективных факторов, таких, например, как вера и знание. Мировоззрение проявляется уже в эмоциональной реакции человека в ходе его взаимоотношения с миром. Вместе с тем оно — не простое воззрение на мир (механическая сумма взглядов), но также и мироощущение. С учетом результатов исследований, проведенных другими учеными, П. В. Алексеев под мировоззрением понимает общую картину мира, т. е. более или менее сложную и систематизированную совокупность образов, представлений и понятий, в которой и через которую люди осознают мир в его целостности и единстве и место в нем человечества.

П. В. Алексеев не претендует на исчерпывающую характеристику понятия мировоззрения. Его книга посвящена разработке одной из сторон этой проблемы. Предметом своего исследования автор избрал процесс формирования мировоззрения естествоиспытателей — естественнонаучный (или, что то же самое, естественноисторический) материализм, т. е. то видение мира, которое было типично для многих русских и зарубежных исследователей природы в XIX и начале XX сто-

летия, а в наше время в известной мере характерно для ученых капиталистических и развивающихся стран.

Мировоззрение в принципе не сводимо к совокупности частнонаучных знаний, не говоря уже о том, что оно не может быть сведено к какой-либо одной отрасли естествознания.

Жизнь показывает нам случаи различных модификаций естественнонаучного материализма, такие, например, как «материалистически трактуемый позитивизм». «Позитивизм ведь не всегда есть только идеализм», — пишет П. В. Алексеев, — и не всегда связан с идеологической реакцией. Он может быть также связан и, как показывает история мысли, действительно бывает связан с материализмом и с демократическим социально-прогрессивным движением» (с. 7).

Ввиду того, что современный естественнонаучный материализм стал еще более гетерогенным, а индивидуальные его формы обнаруживают тенденцию к дальнейшему усложнению, П. В. Алексеев обращает особое внимание на принципы подхода к оценке воззрений отдельных естествоиспытателей.

В числе множества форм мировоззрения, присущих представителям естественнонаучного знания, нас прежде всего интересует его высшая форма — научная. В данной работе понятие «научное мировоззрение» анализируется в значении марксистско-ленинской философии. Предметом научно-философского мировоззрения, с этой точки зрения, выступает всеобщее в системе «мир — человек». Центральной задачей естественнонаучного материализма как самостоятельного нефилософского мировоззрения является создание картины мира.

Естественнонаучный материализм вместе с его антиподом — естественнонаучным идеализмом — входит в состав

натуралистской (то же самое: естественнонаучной, сциентистской) формы мировоззрения. Особый интерес вызывает оценка, которая дана в книге мировоззрению таких естествоиспытателей, как З. Фрейд, Ж. Моно, Н. Винер, К. Лоренц и другие ученые. Показав трудности, которые приходится разрешать естествоиспытателям в процессе становления их мировоззрения, автор проясняет причины тенденции к сциентизации.

Естественнонаучный материализм есть мировоззрение естествоиспытателей, стихийно-материалистически трактующих вопрос о соотношении духа и природы и применяющих для решения мировоззренческих проблем исключительно (или преимущественно) естественнонаучные понятия и принципы. Особенно важно иметь в виду замечание В. И. Ленина о том, что для этой формы мировоззрения характерна неспособность «сладить с общественными вопросами»¹.

Таким образом, коренная особенность естественнонаучного материализма, отличающая его от философской формы мировоззрения, заключена в специфике средств, применяемых для решения мировоззренческих проблем: образов, понятий, принципов, методов отдельных естественных наук или естествознания в целом.

В исследованиях по философским и методологическим проблемам естествознания часто употребляются термины «философский материализм», «материализм», «механистический материализм». Однако под каждым таким определением кроется конкретная ситуация, конкретные условия, в которых живут и работают естествоиспытатели и которые подчас остаются за рамками даваемых оценок. А ведь за всем этим необходимо всегда видеть конкретные взгляды и позицию того или иного ученого — следствие его реальной повседневной жизни, результат влияния его окружения. В этой связи отрадно отметить, что полученные автором книги выводы позволяют при-

внести большую четкость и ясность в употребление вышеозначенных понятий по отношению к мировоззрению многих ученых. Этому помогает использование обширных источников и проведенный подробный анализ творчества многих выдающихся натуралистов. К сожалению, попытки провести различие между естественноисторическим и натуралистским мировоззрением не всегда удачны (см., например, с. 97).

Особый интерес в заключительной части представляет выделение принципов анализа естественнонаучного мировоззрения. К их числу относятся: 1) ориентация на предмет исследования как на «вещь в себе» (здесь интересен пример мировоззрения А. Эйнштейна); 2) отграничение мировоззренческой концепции от частонаучных вопросов; 3) строгое соблюдение научного критерия материализма; 4) партийность подхода; 5) дифференцированность анализа; 6) целостность в оценке индивидуального мировоззрения.

Не все вопросы, затрагиваемые в книге, получают равно убедительное решение. Однако даже постановка некоторых из них перспективна и своевременна. На наш взгляд, к числу таких проблем, на необходимость более глубокого анализа которых указывает и сам П. В. Алексеев, относится исследование факторов, обусловивших генезис натуралистского мировоззрения, изучение психологических аспектов отделения естественнонаучного мышления от философского и др.

Это обстоятельство, в частности, позволяет рекомендовать книгу читателям, принимающим участие в работе философских (методологических) семинаров: некоторые из проблем, затрагиваемых в книге, полезно обсудить специалистам.

Вместе с тем можно пожелать автору в ходе дальнейшей работы дать более развернутое представление о вульгарном материализме как одной из форм естественнонаучного материализма, показать, в каких проявлениях он существует на современном этапе.

В ряде мест автор говорит, что выделение конкретных

форм естественнонаучного материализма не являлось его задачей. Тем не менее такая работа была бы чрезвычайно полезной. В отношении мировоззрения отдельных естествоиспытателей это уже сделано, однако важно разработать подробную классификацию таких форм мировоззрения, что позволило бы отразить различные уровни и тонкости переходов от метафизической методологии к диалектике, свойственных мировоззрению некоторых естествоиспытателей. Думается, что факты, имеющиеся в истории науки, весьма интересны в этом отношении.

Можно было бы предположить, что в книге будет затронут вопрос о движении научного познания от стихийной диалектики к сознательной. Однако у П. В. Алексеева эта тема пока не получила того раскрытия, которое позволило бы более ясно и убедительно представить становление союза естествоиспытателей и философов. За рамками анализа остался сам характер стихийного перехода естествоиспытателей к сознательной диалектике.

В целом же читатели получили книгу, полезную как философам, так и ученым-естествоиспытателям, а также всем, кто интересуется проблемами мировоззрения.

Морфология, экологические ниши и эволюция

Д. А. Александров

Ленинград

Следует сразу отметить, что рецензия на, казалось бы, столь специальную работу, как монография по низшим хорькообразным, вышедшая в серии «Фауна СССР», вроде бы неуместна в популярном естественнонаучном журнале. Это не так. Ее появление обусловлено значительным своеобразием рецензируемой книги — неисчерпаемого справочника иллюстраций и примеров к самым различным

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 377.



Н. Н. Воронцов. НИЗШИЕ ХОМЯКО-ОБРАЗНЫЕ МИРОВОЙ ФАУНЫ. Часть I. Морфология и экология.— ФАУНА СССР. Млекопитающие. Т. III. Вып. 6. Ред. И. М. Громов. Л.: Наука, 1982, 452 с.

современным проблемам эволюционной теории. Это своеобразно неизменно накладывает отпечаток и на настоящую рецензию, в которой я постараюсь не столько разобрать саму книгу, сколько изложить некоторые мысли, возникшие при ее чтении. Хочется надеяться, что такая рецензия не только объяснит необходимость анализа монографии в популярном журнале, но привлечет внимание широкого круга читателей к рассматриваемому оригиналу.

В начале своего введения автор отмечает огромное значение, которое имеет изучение эволюции отдельных конкретных групп в разработке общих проблем эволюционной теории. Эволюция млекопитающих, начиная с классических работ В. О. Ковалевского, неоднократно служила почвой для теоретических построений. Хорошая сохранность и обилие ископаемого материала, морфологическое богатство современных представителей разных групп, изученность биологии, а главное, разнообразие морфологических и биологических

признаков ставит млекопитающих в исключительное положение среди всех животных.

Возникнув в Евразии, хомяки расселились в Африку и на Мадагаскар, населили Северную и Южную Америку, пройдя на разных континентах периоды расцвета и упадка. Их бурная эволюция оставила следы в палеонтологической летописи, в морфологии и экологии современных форм. Именно поэтому детальное исследование этой самой крупной в таксономическом отношении группы млекопитающих дает автору большие возможности. Автором изучены останки ископаемых хомякообразных, а на основных современных представителях группы разобрана морфология черепа и жевательной мускулатуры, пищеварительной, дыхательной и половой систем органов. В некоторых случаях привлекается эмбриологический материал, так что настоящая монография — пример применения метода «тройного параллелизма», когда выводы обоснованы данными палеонтологии, сравнительной анатомии и эмбриологии. Следует отметить и исследования по биомеханике челюстного аппарата. Весь комплекс подходов и методов и позволяет автору добыть необходимый материал для эволюционных выводов.

Первые эволюционнотеоретические работы автора, основанные на этом конкретном материале, появились более 20 лет тому назад. Можно назвать формулировку и разработку им классического «принципа компенсации функций и неравномерности темпов преобразования органов», анализ причин, обуславливающих темпы эволюции, и, наконец, общие схемы видообразования, полученные при сравнении так называемых «хороших» видов и видов *in statu nascendi*.

Однако, насколько мне известно, автор не излагал специально свои базисные теоретические воззрения — ту эволюционную и экологическую идеологию, с позиций которой написаны его работы. Я решаюсь взять на себя смелость кратко выразить эту идеологию, расшифровав некоторые общие экологические и эволюционные принципы, заложенные

в рецензируемой монографии. При этом с самого начала укажу, что все сказанное ниже — мысли автора, как они поняты рецензентом, и выскажу надежду, что мой, возможно неудачный, опыт будет когда-нибудь исправлен самим автором.

Начнем с экологии. Термин «экологическая ниша» известен почти всем биологам, но практически всеми понимается по-разному. Остается открытым самый важный вопрос: существуют ли экологические ниши как таковые вне зависимости от видов, их населяющих, или же ниш как таковых не существует, а имеются лишь конкретные экологические функции, присущие персонально каждому виду? Мне неоднократно приходилось сталкиваться с последней точкой зрения, чрезвычайно распространенной в настоящее время. Вместе с тем сходство экологической структуры аналогичных биомов¹ на разных континентах и сходство адаптаций у неродственных видов, входящих в эти биомы, заставляет нас признать первую точку зрения. Именно в работах Н. Н. Воронцова по адаптивной радиации (расселению) хомякообразных мы находим беспрецедентный материал для подтверждения этой точки зрения. Именно она позволяет автору не только говорить о том, что хомякообразные в разных участках света занимают экологические ниши сось, песчанок, тушканчиков и т. д., но и продемонстрировать яркое морфологическое сходство обитателей этих ниш, возникающее параллельно и конвергентно в ходе адаптации к этим нишам.

Здесь необходимо отметить замечательный опыт автора, подготовившего сводную таблицу биологических типов и основных экзотических мелких млекопитающих, вынесенную в приложение, и подобранные им чудесные иллюстрации внешнего вида характерных представителей выделенных биологических типов.

В непосредственной, но неявно заметной связи с биологическими типами и экологическими нишами стоит вопрос

¹ Биом — совокупность видов растений и животных, населяющих данный район.

о природе таксонов, выделяемых систематиками. Представителям определенных таксонов зачастую присущ общий адаптивный облик, формирующий как бы «лицо» этого таксона. Наилучшим доказательством этого положения могут служить образы, всплывающие у любого человека, знакомого с млекопитающими, при словах: ластоногие, копытные, грызуны или, более конкретно, тушканчики, суслики, песчанки... Различные филумы, заселяя пустые адаптивные зоны или отдельные экологические ниши, образуют в них определенные новые адаптивные формы и, тем самым, новые таксоны того или иного ранга. Когда этот процесс происходит на просторах континентов, возникают обширные таксоны, как, например, подсемейства полевков и песчанок, появившиеся в Старом Свете от примитивных хомякообразных. Когда же хомякообразные, подобные предкам полевков и песчанок, вселились на остров Мадагаскар, возникли новые роды, соответствующие новым адаптивным формам и биологическим типам, населившим разнообразные местообитания.

Конечно, выделяемые таксоны в первую очередь обладают филогенетическим родством. Так, например, все формы хомяков, населяющих Мадагаскар, объединяются в подсемейство мадагаскарских хомяков — незомин, хотя они, понятно, не обладают единым адаптивным обликом. Но лишь принцип адаптивной целостности таксона позволяет принять важное положение эволюционной таксономии, которое пропагандирует автор монографии — возможность парафилии (параллельного возникновения форм). Понутно заметим, что адаптивная радиация хомяков на Мадагаскаре — пример, достойный любого учебника по эволюционной теории, недаром сам автор в свое время поставил его в ряд с классическими примерами дарвиновских выюров Галапагоса и фантастических риногерафций Пачифики.

Вопрос о парафилиическом развитии таксонов приводит нас к проблеме направленности эволюции. Параллельное становление различных морфо-

логических признаков всегда было основой для ортогенетических выводов. Рассматриваемая монография изобилует примерами параллельной эволюции разных систем органов, но тщательность экологического обоснования адаптивности этих изменений не оставляет ни малейшего сомнения в селективной природе описанных ортогенезов. Явная простота объяснений свидетельствует, в первую очередь, о глубочайшем знании, я бы даже сказал, понимании изучаемой группы. Так, с магической легкостью автор дает объяснение конвергенций в строении пениса у роющих грызунов в связи с их подземным образом жизни. Следует пояснить, что именно особенности тонкого строения наружных гениталий зачастую дают пищу для неадаптивных концепций видовых и родовых отличий ввиду трудности адаптивных объяснений появления этих структур.

Анализ адаптивно направленной эволюции позволил автору в начале 60-х годов сделать ряд предсказаний о строении пищеварительной системы у специализированных насекомоядных хомяков Нового Света. Эти предсказания полностью оправдались — американский исследователь М. Карлетон наполнил реальным содержанием соответствующие клетки «гомологических и параллельных рядов изменчивости», отражающих эволюцию пищеварительной системы грызунов. Говоря об этом, нельзя не отметить, что исследование Н. Н. Воронцова, «написанное грубыми мазками», оказалось, несмотря на «неполноту» материала (в кавычки взяты слова автора), редким примером научной предсказательности в такой описательной области биологии, как морфология. Этот пример свидетельствует о том, что описательная зоология, вооруженная пониманием, смелостью мысли и сравнительным подходом, оказывается одной из самых «номографических» областей биологии.

Как уже говорилось, изучение морфологической эволюции хомякообразных давно позволило Н. Н. Воронцову высказать некоторые теоретические заключения о модусах эво-

люции, в частности сформулировать принцип компенсации функций и неравномерности темпов преобразования органов. На массе примеров автору удалось показать, что у разных видов в развитии элементов одной и той же системы органов наблюдается так называемый перекрест специализации: у одних видов наиболее специализирована (приспособлена к условиям) зубная система, у других — желудок и т. д., при этом разные элементы компенсируют друг друга в общем характере специализации. В свете этого принципа становятся понятными и разрешимыми такие классические проблемы, как вопрос о неспециализированном предке или вопрос об обратимости эволюции. Говоря коротко, почти не существует абсолютно специализированных форм, что дает возможность всегда свернуть с какого-либо пути адаптивной эволюции и устремиться к новым адаптивным целям, открывшимся при расселении видов или при изменении прежних условий их обитания. Этот вывод, сделанный Н. Н. Воронцовым, как и многие другие его положения, давно вошел в обиход биологов-эволюционистов.

Во многом этому, конечно, способствовал знаменитый «Краткий очерк теории эволюции», написанный Н. В. Тимофеевым-Ресовским, Н. Н. Воронцовым и А. В. Яблоковым, где частично были изложены макрозволюционные построения автора. Монография, о которой идет речь в настоящей рецензии, — тот монолит фактического материала, на котором прочно покоятся эти эволюционные построения.

В настоящее время многие ученые увлекаются оценкой научных достижений по цитатиндексу Ю. Гарфилда, где мерилом ценности служит частота цитирования работы. Думается, что выше других стоят все же те работы, которые почти не цитируются потому, что их выводы стали частью убеждений каждого специалиста. Вероятно, и эта монография, спрятавшаяся за черной обложкой узкоспециальной зоологической серии, удостоится такой наивысшей оценки.

Обратимся теперь конкретно к самому изданию. Многие тома «Фауны СССР» могут служить образцом зоологического исследования, а этот том — манера изложения, стиль, весь облик книги — не только не нарушил славных традиций отечественной естественнонаучной литературы, но является примером, на который следует обратить внимание многим современным авторам. Тщательность исполнения рисунков и схем, полнота указателей, включающих и анатомические термины, и латинские названия видов с авторами первоописаний, и полнейший предметный указатель, и авторский указатель — все облегчает работу с книгой. Благодаря указателю, любой читатель легко разыщет в книге самые разные примеры: цветовой популяционный полиморфизм хомяков, детально разобранный в главе «Внешний вид»; параллельное синхронное становление видов на обширных территориях — пример, не имеющий себе равных в мировой литературе и погруженный в раздел «Пищеварительная система. Зубы. Ископаемые хомяки». Впрочем, в этом случае и указатели не спасут автора от обвинения в том, что этот уникальный пример закопан живо в могилу из пищеварительной системы и зубов ископаемых хомякообразных, поскольку необычайно показательная схема могла бы служить прекрасной иллюстрацией в «Кратком очерке теории зво-

люции» или послужить предметом отдельной статьи.

В высшей степени поучительно и предисловие к монографии. В настоящее время постоянно приходится сталкиваться с тем, что в статьях и книгах не находится места для выражения благодарности людям, которые так или иначе помогли автору. Складывается впечатление, что эти авторы либо пишут в атмосфере такого дискомфорта, что и благодарить некого, либо, что гораздо хуже, они не решаются благодарить, так как то ли их учителям будет стыдно за них, то ли автору будет стыдно перед читателями за полную несамостоятельность. Вместе с тем, если автор, как в случае рассматриваемой монографии, пишет: «в пору юности мне посчастливилось испытать влияние...» или «на заключительном этапе работы над монографией большую помощь оказала...», то, значит, в книге есть что-то кроме этого влияния и этой помощи, что-то такое, на что можно было оказать влияние и чему помогла эта помощь, за которую автор благодарит свою ученицу. Это что-то — личность автора, которая видна как в научной, так и в языковой стороне изложения. Можно только позавидовать русскому языку, которым написана монография.

Я специально задержался в столь свободной и резкой манере на культуре благодарности потому, что, по моему мнению, на ней основана преемствен-

ность поколений, она вносит живое дыхание реальной истории во вневременное и внепространственное научное произведение. Преемственность вообще свойственна отечественным зоологическим и ботаническим научным школам, а автор монографии — зоолог, хотя, может быть, более известный биологам как генетик, кариосистематик и теоретик. Надо думать, именно зоологическая школа заставила его более 25 лет готовить эту монографию, несмотря на многие другие научные интересы. Постоянно готовить, так как даже в 1980 г., как пишет автор, во время пребывания в Берлине ему удалось проанатомизировать еще одну экзотическую форму, которая раньше была известна ему только по рисункам. И это еще одна деталь, ради которой молодое поколение биологов может обратиться к рецензируемой монографии как образцу научной литературы, научной еще и потому, что она научит, как это наукой заниматься.

Не исключено, что эта рецензия покажется читателям примером панегирического жанра, но это не смущает меня. Критические замечания, которые, вероятно, могут быть высказаны, должны обсуждаться в специальных изданиях. Кроме того, детальная рецензия на такую книгу — дело, доступное не одному человеку, исключая разве что самого автора монографии и ее редактора, а, скорее уж, большому коллективу.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

Н. Г. Басов. СТАТЬИ И ВЫСТУПЛЕНИЯ. М.: Знание, 1982, 208 с., ц. 40 к.

Сборник выпущен к 60-летию со дня рождения академика Н. Г. Басова, известного советского физика, председателя правления Всесоюзного общества «Знание», главного редактора

журнала «Природа». В первой части сосредоточены некоторые из научно-популярных статей и выступлений автора перед широкой аудиторией, посвященных достижениям и практическим применениям квантовой электроники. Здесь читатель сможет найти доклады Н. Г. Басова перед Общим собранием Академии наук СССР, научные сообщения, сделанные им в связи

с присуждением ему Ленинской и Нобелевской премий. Завершает эту часть сборника цикл статей из последних трех выпусков ежегодника «Наука и человечество».

Вторая часть сборника посвящена выступлениям Н. Г. Басова по более общим вопросам развития научно-технических исследований в нашей стране, задачам в области пропаганды на-

учных знаний. Особенный интерес представляет здесь выступление Н. Г. Басова на III Всесоюзном совещании по философским вопросам современности о естествознании в 1981 г.

Астрофизика

Дж. Силк. БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ. Пер. с англ. А. Г. Полнарэва. Под ред. и с предисл. И. Д. Новикова. М.: Мир, 1982, 391 с., ц. 1 р. 40 к.

Название этой научно-популярной книги, принадлежащей перу известного американского астрофизика Джозефа Силка, может дать непосвященному читателю широкий простор для фантазии. Однако тем, кто интересуется современной космологией, ясно, что речь идет о современной теории возникновения и эволюции Вселенной. За последние десятилетия астрономы сделали множество открытий, которые служат убедительным доводом в пользу космологической гипотезы, именуемой теорией Большого взрыва. Столь образное наименование отражает два бесспорных на сегодняшний день обстоятельства. Во-первых, Вселенная расширяется, соответственно плот-

ленной, когда закладывался фундамент мироздания, книга Дж. Силка в некоторой степени перекликается с уже завоевавшей признание у советского читателя книгой С. Вайнберга «Первые три минуты» (М., 1981). Однако Дж. Силк ставит перед собой более широкую задачу — он рассказывает и о более поздних стадиях эволюции, когда на фоне общего расширения Вселенной происходит локальное сжатие вещества — образуются галактики, рождаются и умирают звезды и, наконец, возникает тот островок Вселенной, на котором мы живем, — Солнечная система. При этом целый раздел отводится процессу синтеза тяжелых элементов в ходе эволюции звезд и во время взрывов сверхновых.

Информатика

Дж. Вейценбаум. ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ РАЗУМ. От суждений к вычислениям. Пер. с англ. И. Б. Гуревича. Под ред. А. Л. Горелика. М.: Радио и связь, 1982, 367 с., ц. 1 р. 60 к.

Название книги видного американского специалиста в области информатики, профессора Массачусетского технологического института Джозефа Вейценбаума может вызвать у читателя представление о том, что перед ним «еще одна книга» о вычислительной технике. Однако сам автор в предисловии пишет: «Книга лишь номинально посвящена вычислительным машинам. Они используются здесь исключительно как средство развития определенных идей, гораздо более важных, чем собственно машины...»

О чем же все-таки эта книга? Кратко ответить, пожалуй, проще всего также в форме вопросов. Что представляет собой механизм познания, и каким образом он действует? Что отличает и сближает мозг человека и вычислительную машину? Что такое творчество, и в чем суть процесса мышления? Существует ли предел научному знанию? Каковы объективные ограничения при формализации описания деятельности сложных биологических систем? Какие задачи

(и почему) не следует возлагать на вычислительные машины, независимо от того, могут или нет они, в принципе, с ними справиться?

Достоинства книги — не в изложении некоей оригинальной концепции автора, а в том, что ему, безусловно, удалось создать целостную картину всего комплекса «обманчиво очевидных» проблем, связанных с искусственным интеллектом, ролью и возможностями ЭВМ, мифами об их «всесовершенстве» и универсальности методов их применения в различных сферах науки и жизни.

Океанология

А. М. Подражанский. ВИЖУ ДНО БАЙКАЛА! Л.: Гидрометеиздат, 1982, 152 с., ц. 65 к.

Подводя итоги деятельности Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР в десятилетней пятiletке, его директор А. С. Монин шутливо заметил, что пятiletка прошла под знаком созвездия Pisces (Рыбы). Именно этому созвездию обязаны своим названием купленные в Канаде подводные обитаемые аппараты «Пайсис-7» и «Пайсис-11», с помощью которых советскими океанологами проведен целый ряд интересных исследований в самых разных областях Мирового океана. Истории освоения и использования «Пайсисов», наряду с другими видами подводных аппаратов, и посвящена эта книга старшего научного сотрудника Института океанологии, специалиста по глубинной технике и непосредственного участника многочисленных погружений.

Первые крупные результаты дали погружения «Пайсисов» в самое глубокое озеро мира — Байкал, проводившиеся экспедицией института в 1977 г. Впадина озера представляет собой узкий протяженный рифт, являющийся, по мнению многих геологов, моделью зарождающегося океана. Увлекательный рассказ о погружениях на дно Байкала, снабженный документальными дневниковыми записями наблюдателей, составляет ос-

ность вещества в ней уменьшается. Во-вторых, в начале своего расширения она была очень горячей. Это и позволяет применять к объяснению процесса эволюции Вселенной аналогию с состоянием газа при взрыве в нем заряда.

Теорию Большого взрыва нельзя признать завершенной, однако она дает довольно подробную картину эволюции Вселенной в целом — от первых микросекунд ее расширения до наших дней — и отчасти даже позволяет заглянуть в будущее. С ее помощью мы можем представить себе примерный «сценарий», по которому происходило развитие Вселенной. Он во всех подробностях приводится в книге Дж. Силка, причем автор, придерживаясь в своем изложении стандартной модели Большого взрыва, касается и возможных альтернативных моделей.

В той части, где речь идет о первых минутах развития Все-

новную часть книги. Более 40 раз опускались «Пайсисы» в глубины Байкала. Рекордной глубины стала отметка 1410 м. Исследования дна озера дали возможность установить детали строения подводной части рифта, пересмотреть некоторые аспекты биологии водоема. В дальнейшем с помощью подводных обитаемых аппаратов «Пайсис» советские океанологи исследовали подводные горы и гидрофизические поля в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. Наконец, интереснейшие результаты дала экспедиция «Пикар», изучавшая в 1980 г. Красноморский рифт. Здесь, используя самую разную подводную технику, обитаемую и телеуправляемую, советские океанологи детальнейшим образом обследовали дно моря, подняли на поверхность более тонны образцов базальтов, обнаружили следы раздвижения земной коры.

Автор приводит подробные технические характеристики аппарата «Пайсис», дает схематический чертеж его устройства. Книга богато иллюстрирована фотографиями, снятыми членами экипажей с помощью бортовой фотокамеры.

Биология

С. Старикович. ЗВЕРИНЕЦ У КРЫЛЬЦА. М.: Советская Россия, 1982, 213 с., ц. 45 к.

Кто живет рядом с нами? Как ни странно, мы мало знаем о «меньших наших братьях» — животных, долгое время живущих бок о бок с человеком. Именно они стали героями книги С. Стариковича. Книга эта — по сути, сборник очерков о самых различных животных, начиная от верного друга человека — собаки и кончая мало-приятными спутниками — тараканами. Каждый из очерков содержит много интересных сведений. Автор использовал обширный и разнообразный материал: здесь и масса литературных и исторических примеров, и новейшие экспериментальные данные, полученные исследователями.

Живо и увлекательно автор рассказывает о повадках

и привычках животных, их взаимоотношения между собой, месте и роли в природе, где сегодня так велико влияние человека.

Охрана природы

Генри Бестон. ДОМИК НА КРАЮ ЗЕМЛИ. Пер. с англ. В. Кондракова. Автор послесл. Г. Полесов. М.: Мысль, Библиотечная сер., 1982, 166 с., ц. 1 р. 50 к.

«Год, прожитый за закрытыми дверями, — путешествие по страницам бумажного календаря. Год, проведенный в окружении природы, — свершение грандиозного ритуала, — такое высказывание автора книги «Домик на краю земли» американского писателя Генри Бестона, воспринимается читателем без колебаний, ибо, углубившись в ее чтение, он и сам вовлекается в этот грандиозный ритуал. Книга Г. Бестона, исполненная в виде дневника натуралиста, рассказывающего о жизни на небольшом полуострове Кейп-Код, омываемом водами Северной Атлантики, не исчерпывается лишь скрупулезным описанием представителей фауны и флоры дюн и прибрежной полосы океана или лишь констатацией метеорологических явлений. Главное впечатление — ощущение сопричастности человека к исконным ритмам природы.

«Домик на берегу океана» — первое произведение Г. Бестона, переведенное на русский язык. Хотя эта книга написана давно, в 20-е годы, но мысли автора о бережном отношении к природе и необходимости ее охраны особенно актуальны в наши дни.

Охрана природы

Юрий Жданов. ХРУСТАЛЬНЫЙ СВОД. Ростовское книжн. изд-во, 1982, 96 с., ц. 10 к.

Автор этой небольшой книжки Юрий Андреевич Жданов — известный ученый, химик-органик, член-корреспондент АН СССР. Его «Хрустальный свод» — это сборник коротких этюдов о природе. Эта

книжка, пишет автор, обращаясь к читателю, «о том, как нужны современному человеку снег без копоты, и небо, полное звезд, и свежий горный ветер, и реки без мазута. И еще о том, что, не навязывая своих оценок, природа непрерывно и молча разговаривает с нами».

В книге автор не просто передает свои наблюдения над явлениями природы и фактами бытия. Рассказывает ли он о судьбе снежинок, поднятых ветром, или семицветной радуге, передает ли услышанный на Кавказе вариант легенды о Прометее — любая картинка не только художественно им обобщена, но и наполнена смыслом о человеческой жизни, а иногда и мягкой иронией.

Среди коротких этюдов есть, например, рассказ о синтезе некоего нового вещества: «Оно явилось из небытия — новое химическое соединение. В нем — твой мозг, твои нервы, твоё упорство. Ты — творец его, ты его придумал, выносил, выстрадал. Как мать, ты угадываешь некоторые его свойства; как мать, ты не знаешь его судьбы. Оно попадет к другим, и ты потеряешь власть над ним». И о тайне рождения рубина, который «возникает в пещке будничной и спокойно, послушный воле дежурного лаборанта. И выходит однородный и стандартный искусственный минерал, химически ничем не отличный от природного. Но нет в нем жизни, игры света, нет своего лица»; в природе же «камень рос в борьбе свободных стихий. В нем много неповторимости и притягательности. Очевидно, создавая камень, природа впала в высокие заблуждения и допустила прекрасные ошибки».

Книга Ю. А. Жданова «о звездах, и о камнях, и о травах, и ветре. И о людях...» Она, безусловно, будет интересна для самого широкого круга читателей.

Археология

М. А. Дзялет. ПЕТРОГЛИФЫ НА КОЧЕВОЙ ТРОПЕ. Отв. ред. В. В. Волков. М.: Наука, 1982, 128 с., ц. 75 к.

В книге описываются и систематизируются петроглифы,

выбитые и вырезанные на прибрежных скалах Верхнего Енисея вдоль древней тропы, известной в народе под названием «дороги Чингисхана»¹. Новые материалы позволяют уточнить время их появления: обнаружены наскальные рисунки позднего бронзового века, скифской эпохи, раннего средневековья, которые датируются на основе сопровождающих их рунических надписей. Впервые вводятся в научный оборот народные рисунки тувинцев, выполненные в резной технике.

Автор книги систематически и внимательно фиксирует петроглифы, подвергающиеся разрушению в ходе хозяйственного строительства и различных антропогенных факторов², исследуя их на новом интерпретационном уровне, чтобы «каменная книга» раскрывала новые и новые страницы древней истории населения бассейна великой сибирской реки — Енисея.

Книга написана легко и изящно. Рассказы о «дороге Чингисхана», по которой проходили перекочевки людей со стадами и которая одновременно служила фортификационным сооружением, сменяются, например, описанием древних святыщ и обрядов, объяснением методов датировки петроглифов с помощью их стилистического и технологического анализа и т. д. Книга снабжена прекрасными фотографиями и рисунками.

Археология

Р. С. Васильевский, Е. Л. Лавров, Су Бу Чам. КУЛЬТУРЫ КАМЕННОГО ВЕКА СЕВЕРНОЙ ЯПОНИИ. Новосибирск: Наука, 1982, 207 с., ц. 2 р.

В монографии рассматриваются некоторые узловые проблемы древнейшей истории дальневосточного региона. Еще в 1877 г. американец Эд. Морзе

провел первые научные раскопки в Японии на раковинной куче Оомори. Им была открыта неолитическая культура, получившая название «дзёмон». Что же касается памятников древнекаменного века, то здесь первые находки были сделаны значительно позднее, в 1949 г. на стоянке Ивадзюку. В настоящее время известно уже более 1000 памятников только плейстоценового времени, а интенсивность их изучения все возрастает. Поэтому ощущается насущная необходимость в обобщении полученных материалов и их корреляции с культурами сопредельных территорий.

Сравнительное изучение японских находок привело авторов книги к выводам о глубоких соответствиях между каменными постройками Японии, с одной стороны, и Забайкалья, Монголии, Дальнего Востока — с другой. Это объясняется непосредственным участием североазиатских материковых народов в заселении Японских островов в эпоху плейстоцена¹.

Философия естествознания

ЭКСПЕРИМЕНТ. МОДЕЛЬ. ТЕОРИЯ. М.: Наука, 1982, 334 с., ц. 1 р. 60 к.

Эта книга — совместный труд ученых Отдела философских вопросов развития науки Центрального института философии АН ГДР и Отдела философских вопросов естествознания Института философии АН СССР — посвящена анализу сложных вопросов естественнонаучного познания. В ней рассматривается многообразие переходов от научного наблюдения и эксперимента к модели и теории; возрастающее значение моделей в исследовании сложных объектов; взаимоотношение различных теорий.

Вступительная статья «Соотношение между экспериментом, моделью и теорией в процессе естественнонаучного познания» написана академиком АН ГДР Г. Герцем. Статьи пер-

вого раздела раскрывают главные образцы познавательного значения наблюдения и эксперимента в различных естественнонаучных дисциплинах. В центре внимания авторов второго раздела — вопросы формирования моделей и их место в структуре познания. Последний раздел посвящен видам и функциям научных теорий и их взаимосвязям.

История науки

Л. В. Громов, С. А. Данильянц. НАЗВАННОЕ ИМЕНЕМ ГЕОЛОГА. М.: Недра, 1982, 112 с., ц. 20 к.

Разбудить память, наполнить ее конкретным знанием о людях геологии, удостоенных чести дать свое имя таким «долгим делам», как минералы, рудники, города, институты, школы, — эту благородную и трудную задачу взяли на себя геологи и специалисты по истории геологии Л. В. Громов и С. А. Данильянц. Жанр их книги определить нелегко — лишь условно она может быть отнесена к научно-популярным изданиям: по количеству обработанного материала эта небольшая книжка не уступает научным монографиям. В ней сведено более 400 биографий. Целые тома архивных и литературных источников стоят за их скупыми строчками. И вместе с тем предельно сжатый, почти «телеграфный» стиль книжки не может не волновать. Ведь речь ведется о реальных людях, нередко людей героической судьбы. И рядом с прославленными именами М. В. Ломоносова, А. Е. Ферсмана, В. И. Вернадского в когорте людей, ранее изучавших и сегодня изучающих недра, встают сотни более скромных имен ученых, геологов-разведчиков, первопроходцев. Несомненно, что эта содержательная книжка будет необычайно интересна читателю, и не только краеведам, геологам, географам, историкам, как скромно надеются авторы. Нельзя не ощутить и ее воспитательного значения, подчеркнутого в предисловии к книге академиком В. И. Смирновым.

¹ См.: Дэвлет М. А. Вдоль «дороги Чингисхана». — Природа, 1977, № 12.

² Дэвлет М. А. Петроглифы Улуг-Хема. М., 1976; Она же. Большая Боярская писаница. М., 1976; Она же. Петроглифы Мургул-Саргола. М., 1980.

¹ См. также: Васильевский Р. С. Загадочные памятники Хоккайдо. — Природа, 1982, № 7.

В КОНЦЕ НОМЕРА

Д. Н. Кайгородов — натуралист и популяризатор

Почти столетие отделяет нас от наиболее известной книги Д. Н. Кайгородова «Из царства пернатых», отрывок из которой публикуется ниже. Первые очерки этой книги начали печататься в журнале «Родник» еще в 1886 г., а в 1891 г. вышло первое издание, которое повторилось с некоторыми переделками в 1895 г. и позднее. Сам автор назвал свою книгу «популярными очерками из мира русских птиц», однако это название лишь формально отражает ее суть.

Написанная на очень высоком для своего времени профессиональном уровне и в то же время прекрасным литературным языком, напоминающим по своему стилю знаменитые аксаковские «Записки ружейного охотника», книга, по существу, стала популярной орнитологической энциклопедией по птицам средней России, настольной книгой любителей природы. О ней высоко отзывались, ее хвалили выдающиеся орнитологи, отмечая при этом, что эта книга во многом определила их жизненный путь и выбор профессии.

В чем же причина ее успеха и долговечия? Только ли в том, что она посвящена птицам, которых все любят и о которых с удовольствием читают, только ли в ее языке и литературном стиле? Популярных книг о птицах, хорошо написанных, много, однако книга Кайгородова занимает среди них свое особое, выдающееся место.

Дело прежде всего в главной теме книги, в личном отношении автора к птицам. Кайгородов бесконечно любит птиц, видя в них частичку природы своей родины, нуждающуюся в постоянной заботе и охране, и поэтому тема «птицы и человек — охраняйте и любите птиц» красной нитью проходит через всю книгу. Кайгородова мы с полным правом можем считать основоположником этой важной темы в той огромной современной научно-популярной литературе о птицах.

Желая познакомить читателя с его книгой, мы долго выбирали отрывок для публикации в «Природе». Мы выбрали очерк об обыкновенном скворце. И не только потому, что это издавна одна из самых любимых птиц нашего народа, но еще и потому, что в этом очерке в яркой форме выразились все особенности Кайгородова как ученого-популяризатора. Читая очерк о скворце, мы убеждаемся в том, как далеко вперед он смотрел, во многом предвосхитив и растущее значение птиц в жизни человека в будущем, и необходимость их самой серьезной охраны. В его времена все это

было в зачаточном состоянии, так же как и уровень орнитологии, отделенный от нас почти столетием. Именно поэтому орнитолог сегодняшних дней должен делать скидку на эти обстоятельства, на ошибочные или неточные сведения. Их немного, и это объясняется прежде всего тем, что книга написана по личным наблюдениям и исследованиям автора.

В настоящее время сельскохозяйственное значение скворца стало серьезной проблемой. За сто лет его численность многократно возросла, и сейчас только на территории СССР обитает свыше 200 млн этих птиц. Вот уже несколько столетий в народе практикуется обычай развешивать скворечники (в музеях хранятся птичьи домики, изготовленные в ярославских и вологодских селах еще в XVIII в.). Сегодня благодаря пропаганде охраны природы только на территории СССР вывешивается свыше 20 млн скворечников, которые охотно заселяются скворцами. Скворец легко контактирует с человеком, селится в крупных городах на балконах и зданиях, кормится на газонах и скверах. Под влиянием новых условий жизни меняет свои привычки, например остается зимовать в Москве. Научился ловить мышей на городских свалках, мелкую рыбешку в прудах. Сто лет назад скворцы завезли на американский континент, сейчас там это одна из самых массовых птиц, наносящих большой урон садовому и огородному хозяйству. И в нашей стране в период созревания винограда и косточковых скворцы уничтожают 10—15% урожая. Однако это вовсе не означает, что мы должны ограничивать численность этой птицы, поскольку скворцы служат тем надежным и высокоэффективным прессом, который блокирует размножение, массовые вспышки многих вредных насекомых, в частности саранчи. Современные орнитологи рассматривают проблему скворца следующим образом: заставить скворцов расселиться, покидать участки, где они способны принести вред, и наоборот, концентрироваться в районах обилия вредных насекомых — т. е. управлять поведением скворцов в интересах человека. И поэтому, читая строки замечательной книги Кайгородова, мы вполне солидарны с теми общими подходами к охране птиц и их практическому использованию, которые он провозглашал еще в те далекие времена.

В. Д. Ильичев,
доктор биологических наук,
президент Всесоюзного
орнитологического общества
Москва

Скворец'

Д. Н. Кайгородов

Седой Мороз в одежде снежной,
С блестящей льдистой броней,
Вступает в бой с приветной, нежной
И ароматною весной.

Он ветром, вьюгою, снегами
Весне переграждает путь,
А та, в ответ ему, цветами
Бросает в старческую грудь...

Е. Кони

Что этот бой, по-видимому, столь неравный, окончится полною победою весны, в том ни одну минуту не сомневается наш милый скворушка, сидящий на ветке дерева, близ своей скворечницы; иначе он не решился бы покинуть гостеприимные южные страны, в которых коротал время, пока у нас трещали морозы. Что за беда, если и придется немножко позябнуть, и раз, другой не особенно сытно пообедать, все-таки он твердо знает, что, в конце концов, «седой Мороз» сложит свои «льдистые» доспехи к ногам «приветной, нежной» красавицы-весны и скажет,

«...тáя в речках снежных вод:

Ты победила! Ты прекрасна!
Иди ж и царствуй в свой черед...»

Вот и сейчас: только что пролетел сильный вихрь, с крупной и снегом, как наш скворушка, встряхнувшись и приведя в порядок свои растрепавшиеся от ветра перышки, снова распевает, как ни в чем не бывало свои песни. Впрочем, слово «песни» будет здесь, пожалуй, не совсем уместно: это, скорее, какая-то веселая, беззаботная болтовня, трескотня и верещание, перемежку с протяжными сви-

стами и разными подражательными, подчас весьма красивыми, звуками. И как ретиво и весело расппеваются эти песни! Горлышко раздувается пузырем; клюв раскрывается так широко, что в него можно, пожалуй, всунуть целый орех; крылышки свешиваются, и певец беспрестанно ими подергивает и трепещет, словно замирая от музыкального наслаждения, каковое, по-видимому, доставляет уморительному певцу его смешная и бестолковая песня.

Однако, я говорю о скворце так, как будто эта птица всем хорошо известна; между тем, вероятно, найдется не мало читателей, знающих скворца только понаслышке. Поэтому я должен несколько остановиться на его наружности. Самчик весной окрашен в черный цвет, с фиолетовым и зеленым металлическим отливом, особенно ярким и красивым на груди; клюв желтый, ноги буровато-красные. Осенью, после линяния, все новые перышки имеют белые кончики, и тогда скворец является пестрым. Клюв, к осени, из желтого становится черным, затем, в течение зимы, постепенно желтеет, от основания к концу, и к маю месяцу становится снова лимонно-желтым; в то же время постепенно пропадают (обтираются) белые кончики перышек, и скворец из пестрого становится мало-по-малу, черным. Самочка совсем черною никогда не бывает, а всегда пестровата, потому что кончики ее перышек всегда остаются более или менее белыми; клюв

у нее бледно-желтый. Молодые скворчата до первой линьки (происходящей в конце лета) имеют серовато-бурое оперение — на горлышке слегка беловатое — и черный клюв; перелинявши, они, осенью, становятся такими же пестрыми, как и старые скворцы².

Водится скворец по всей России — от Лапландии до Крыма и Кавказа. Почти повсюду он весьма многочислен и обыкновенен, и повсюду является птицей перелетной: отлетает на зиму на юг, весной же одним из первых возвращается обратно на свою родину. (В окрестностях Петербурга скворцы появляются, обыкновенно, вскоре после жаворонков — в 20-х числах марта.)

Первых прилетных скворцов можно видеть сидящими небольшими стайками, рядышком, на полевых сараях, на крестах сельских церквей, на отдельно стоящих в поле деревьях и тому подобных выдающихся местах. Пролетные стаи (т. е. те, которые направляются дальше к северу) летят всегда высоко, быстро и кучно, прилетные же (которые будут гнездиться у нас), напротив, летят низко, кружатся и наконец опускаются. Самочки

¹ *Sturnus vulgaris* — Длина 9 дюйм. (22 см).

² На юге Европы и на Кавказе встречаются скворцы, большую часть года носящие одноцветную, черную одежду. Некоторые птицеведы считают их за особый вид — одноцветный скворец — *Sturnus unicolor*).

появляются обыкновенно 10—12 днями позже самцов, отдельными стаями.

В первое время по прилете, весь март и начало апреля, скворцы мало держатся около скворечниц (или вообще мест своих гнездовых), а больше проводят время на полях, лугах речных долин, огородах, где на проталинах снискивают себе, в это время еще весьма скудное, пропитание. Если же проталин еще мало (после очень снежных зим), то скворцы кормятся по навозным кучам и дорогам, отыскивая в навозе червей и уцелевшие зерна.

Около середины апреля начинаются хлопоты по устройству гнезда, местом для которого служат дуплистые старые деревья в лесах, рощах, садах и парках, а также разбросанные одиночно по полям и лугам; или же для этого служат нарочно устраиваемые для скворцов жилища — скворечницы. Скворец — птица в высшей степени полезная (о чем подробнее речь будет еще впереди); народ давно уже это подметил, в особенности огородники, а потому во многих местностях можно видеть, по селам, деревням и пригородам, прилаженные на деревьях, а то и просто на воткнутых в землю длинных шестах, домики для скворечных гнезд. К сожалению, далеко не везде существует этот прекрасный и заслуживающий самого широкого распространения обычай — ставить скворечницы.

Около 1 мая в гнезде скворца находятся уже, обыкновенно, 6—7 гладких (без крапин) светло-голубых яиц, а к 15—20 мая — уже и молодые скворчата. Эти последние скоро подрастают и к началу июня обыкновенно уже вылетают из гнезда.

На юге, где скворцы делают большую часть два вывода в лето, старики остаются при птенцах недели две, пока скворчата не сделаются настолько самостоятельными, что могут уже сами добывать себе пищу. В это время семьи и небольшие стайки скворцов можно видеть на окрестных полях и лугах, очень ловко бегающими и копошащимися в траве, при беспрестанном перекликивании друг с дружкой, особенным, своеобразным, не громким кри-



Скворец.

Иллюстрация из книги
«Из царства пернатых».

ком, отчасти напоминающим крик молодых галчат в гнезде.

Когда молодые скворчата станут вполне самостоятельны, старики снова возвращаются к своим гнездам и приступают ко второму выводу. По окончании гнездовых дел они соединяются, семья с семьей, в громадные, нередко многочисленные, стаи, в которых и держатся до самого отлета, летая и кормясь, преимущественно, по лугам речных долин. Целыми тучами носятся тогда скворцы, днем — по лугам и выгонам, на ночь же сваливаются в прибрежные камыши и тальники (ивняки), рассевшись по которым, провожают день неимоверным шумом и гамом (словно обоз в сотню саней скрипит по морозному снегу) и успокаиваются лишь с наступлением темноты. Стаи скворцов

особенно охотно посещают выгоны, где пасется домашний скот, с которого (в особенности с овец) эти птицы прилежно обирают всяких паразитов.

Перед наступлением поры отлета (приходящейся в северной и средней России, обыкновенно, на первые числа сентября) старики возвращаются на несколько дней к своим гнездовьям, распевают здесь свои песни, как бы прощаясь с родными местами, и затем исчезают до весны. Стая за стай снимаются скворцы с полей и лугов своей родины и направляются на юг — в теплые, хотя и не особенно далекие, страны: в своих странствованиях они не залетают далее Северной Африки, большинство же скворцов проводят зиму на южных полуостровах Европы (в Испании, Италии, Греции), причем в противоположность большинству остальных певчих птиц, распевают свои песни и на зимних квар-

тирах. Там они продолжают вести такой же образ жизни, какой вели и у нас осенью: кочуют стаями по лугам речных долин, большей частью в сообществе дроздов и ворон.

Выше было уже упомянуто, что скворец птица очень полезная. Приносимая им польза заключается в уничтожении громадного количества гусениц, личинок, бабочек, жуков и червей, а главное — множества улиток и вообще всякого рода слизняков, до которых скворец особенно лаком. Один немецкий ученый³, большой любитель скворцов и знаток их образа жизни, на основании многолетних наблюдений над этими птицами, высчитал, что одна семья скворцов (2 старика и 6 птенцов) съедает каждый день более 360 больших жирных улиток. Какое же, следовательно, громадное количество улиток уничтожается всеми скворцами данной местности, в течение всего времени вывода детей! Огородники хорошо знают, какой вред причиняют им улитки, а потому и забываются о привлечении к своим огородам злейших врагов этих вредных животных — скворцов, для чего и выставляют скворечницы. Также и столь же вредных майских жуков и их жирных личинок во множестве уничтожают скворцы, равно как и жуков-долгоносиков (слизней), из которых многие принадлежат к числу весьма вредных для леса насекомых.

Правда, лакомые до сочных ягод, скворцы причиняют

некоторый вред вишневым садам, а виноградникам нередко наносят даже весьма серьезный изъяз; но, та чрезвычайная польза, которую приносит скворец уничтожением вредных тварей, сторицею покрывает ущерб, иногда причиняемый нам этой птицей. За границей образованные владельцы виноградных садов давно уже перестали преследовать скворца за причиняемый ими изъяз зрелому винограду, потому что, с другой стороны, убедились в той громадной, хотя и не столь бросающейся в глаза, пользе, которую приносит тот же скворец, уничтожая в их виноградниках столь вредную виноградную улитку.

Скворца часто держат в комнате, как чрезвычайно забавную и веселую птицу. Своими манерами он во многом напоминает обезьяну. Взятый молодым из гнезда, скворчик быстро становится совершенно ручным и доставляет много потехи и удовольствия хозяину (имея впрочем, один большой недостаток: он страшно пачкает клетку). Скворец легко выучивается разным штукам и фокусам, перенимает голоса и песни других комнатных птиц, выучивается насистывать разные мелодии и песенки и, наконец, даже — говорить. И на воле скворец также перенимает и вплетает в свои песни разные посторонние звуки — преимущественно голоса других птиц. Так, нередко можно слышать, среди песни вольного скворца, как бы отдаленный свист иволги, флейтовые переливы пеночки, сладкозвучную строфу чечевички, пинканье яблони и проч. Однажды мне случилось слышать на воле

скворца, замечательно подражавшего, среди своей болтовни и трескотни, водопойному свисту кучера, весеннему крику уток, гоняемых по воде селезнем, ржанию жеребца и голосам каких-то мне неизвестных птиц, слышанных этим скворцом, вероятно, на далеком юге, во время пребывания на зимних квартирах.

Известно немало примеров замечательных говорунов между скворцами. Мне лично пришлось видеть только одного говорящего скворца (не из первоклассных), находящегося у одного из моих знакомых. Скворец этот говорит следующие слова и фразы: «Миша» (его так зовут), «Мишечка, Мишуня, Мишурочка, душечка. Здравствуй, Сашечка. Прощай Мишуша. Миша, спой песенку». После этих последних слов он всегда начинает насистывать «Чирика» — первое колено правильно и отчетливо, но на втором большей частью сбивается и переходит на слова: «Миша, Мишечка, спой песенку» и снова начинает насистывать «Чирика». Все это произносится скороговоркой и чрезвычайно забавно.

Кормить скворца в неволе можно самой разнообразной пищей: муравьиными яйцами (свежими и сухими), хлебом, кашей, говядиной, зеленью, творогом, — вообще, почти всем тем, что и мы сами едим. Не следует его только слишком закармливать (скворец птица очень прожорливая); давать корм с утра нужно не весь сразу, а разделяя дневную порцию на три части. Купанье для скворца необходимо — он страстно любит полоскаться в свежей воде

³ Ленц.

В номере использованы фотографии ТАСС, АЛЕКСЕЕВА Н. Н., БОЯРСКОЙ Р. В., ДОБРОВОЛЬСКОГО В. В., НАБАТОВА А. О., НАСЕДИКИНА В. В., ПОЛЯКОВА Я. Г., ТЮРЮКОВА С. Н., ШИБЕНОВА Ю. Б., ШПИКАЛОВА А. Г., ШТЕЙНБАКА Л. Ш.



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.

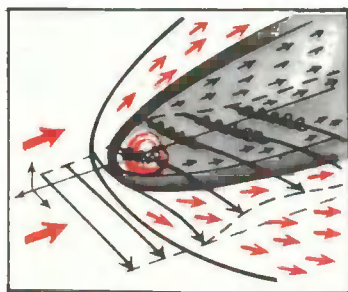
Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Т. Д. МИРЛИС, М. Б. РЫБИНА

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароховский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 3.03.83
Подписано к печати 7.04.83
Т—02776
Формат 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1636 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Бум. л. 4
Тираж 59665 экз. Зак. 655

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов Московской области.



В следующем номере

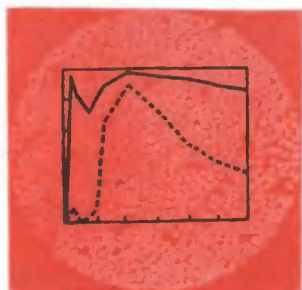
Землю и Венеру часто называют планетами-близнецами главным образом из-за сходства их масс и размеров. Однако недавние полеты автоматических станций к Венере показали, что эти планеты настолько по-разному взаимодействуют с солнечным ветром, что их сравнение с близнецами становится более поэтическим образом, чем научной аналогией.

Вейсберг О. Л., Зеленый Л. М. Взаимодействие солнечного ветра с Венерой.



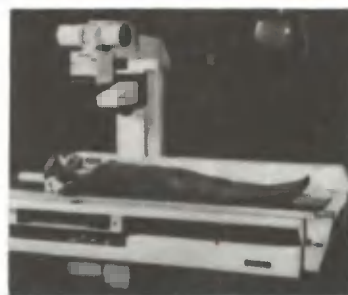
Переписка Б. С. Кузина и А. А. Любичева отделена от нашего времени почти четырьмя десятилетиями, но поднятые в ней вопросы до сих пор служат предметом острых дискуссий.

Б. С. Кузин и А. А. Любичев о систематике.



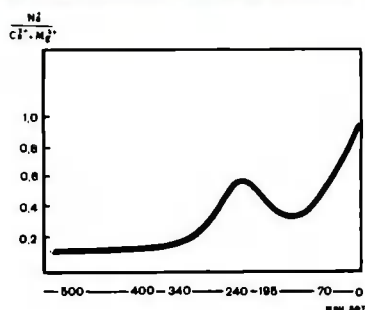
До сих пор механизмы самых первых стадий размножения — от развития яйцеклетки до слияния женских и мужских половых гамет — остаются загадочными. Исследования по искусственной активации яиц тутового шелкопряда приблизили нас к пониманию этой сложной проблемы.

Струнников В. А. Инженерия оплодотворения.



Математическая задача, лежащая в основе компьютерной томографии, элементарна по постановке, но отнюдь не элементарна в отношении используемого алгоритма и его реализации. Об этой задаче, ее месте в математике и идет, в первую очередь, речь в статье.

Бухштабер В. М., Гиндикин С. Г. От принципа Кавальери к томографии.



Как и когда на Земле возникли океаны? Менялся ли их состав с ходом геологического времени? Ответить на эти вопросы геохимикам помогло изучение состава морских отложений.

Грамберг И. С. Геологическая история морской воды.

Цена 80 коп.
Индекс 70707

