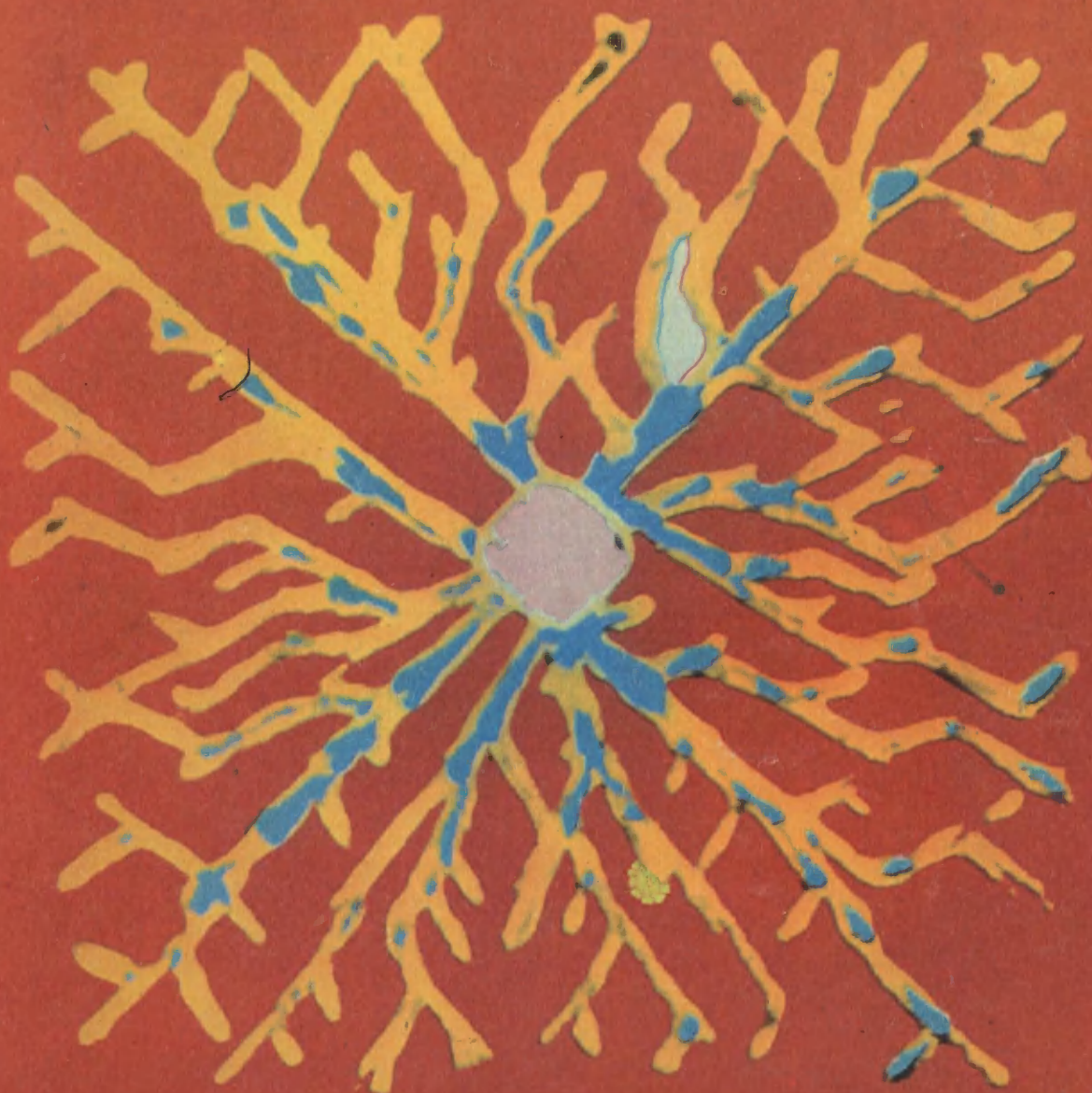


ISSN 0032-874X

5 ПРИРОДА

1982



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР



Основан в 1912 году

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик

Н. Г. БАСОВ

И. о. заместителя главного редактора
кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Член-корреспондент АН СССР
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

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

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАШУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ



— 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.

На первой странице обложки. «Кусты» пустотелых каналов на грани {100} кристалла фосфида галлия, возникающие в результате избирательного испарения фосфора при нагреве кристалла. См. в номере: Рожанский В. Н. Наблюдение отдельных атомов в электронном микроскопе.

На четвертой странице обложки. Водохранилище в Каменной степи. См. в номере: Скачков Б. И. Долгая жизнь Докучаевского оазиса.

Фото автора.

В НОМЕРЕ

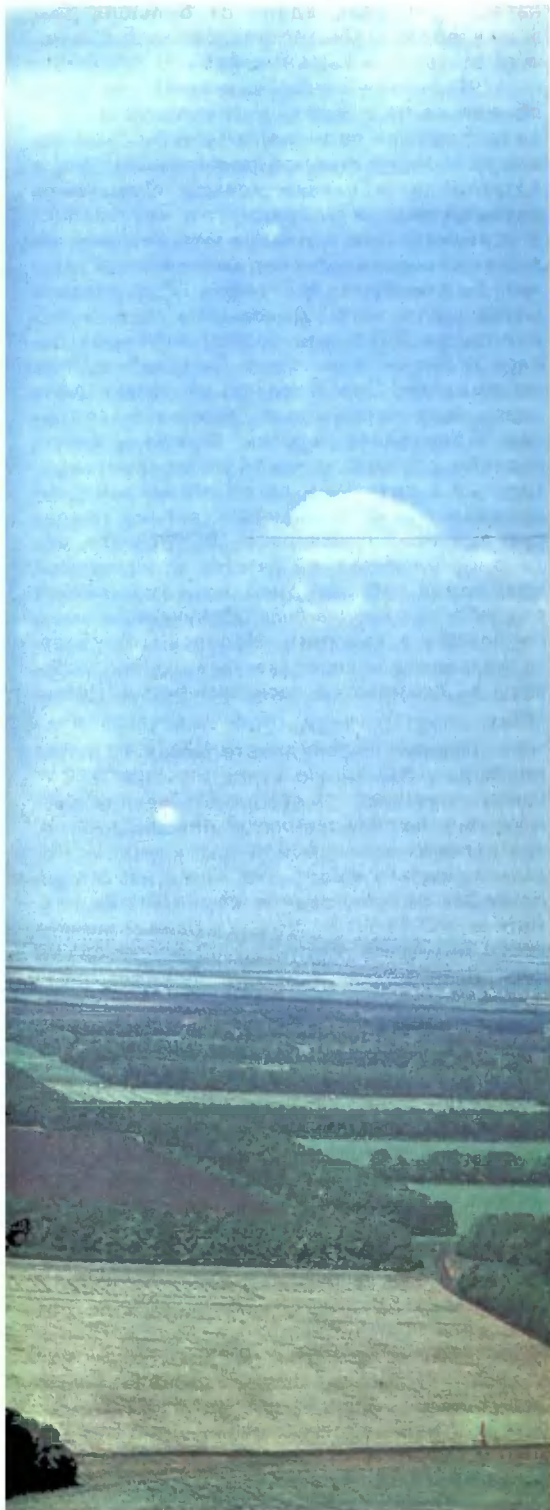
К 60-ЛЕТИЮ СССР	Скачков Б. И. Долгая жизнь Докучаевского оазиса	2
	Малахов В. В. Новый взгляд на происхождение хордовых	12
	Амирханов Х. А. Чохское поселение — памятник становления производящего хозяйства в Дагестане	20
	Рожанский В. Н. Наблюдение отдельных атомов в электронном микроскопе	21
	Ошибкина С. В. Северная неолитическая скульптура	22
КРАСНАЯ КНИГА	Ананьева Н. Б. Руинная агама	26
	Паршин А. Я. Когерентная кристаллизация и кристаллизационные волны	28
	Комберг Б. В. Туманности вокруг квазаров	37
	Зайцев В. А. По следу кабарги	40
	Хокинг С. Виден ли конец теоретической физики?	48
	ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ДОГЕЛЬ. К 100-летию со дня рождения	
	Полянский Ю. И. «Мы — ученики Догеля!»	57
	Реймер Л. В. Мой путь к Догелю	62
	Чеснова Л. В. Создатель экологической паразитологии	63
	Арманд Н. А., Кутуза Б. Г. Радиотепловое излучение атмосферы Земли	68
	Тихомиров В. В. Международный геологический конгресс	78
	Левин А. Е. Парижское научное сообщество XVIII в. и идея революции в химии	85
	Из «Природы» 1912 года	91
	Подымов В. К. Новые представления о природе красной волчанки	92
	Из переписки Л. Эйлера и Д. Бернулли. К 275-летию со дня рождения Л. Эйлера	100
НОВОСТИ НАУКИ		8, 109
КНИГИ, ЖУРНАЛЫ	Чуянов В. А. Еще одна встреча с Л. А. Арцимовичем (121). Банников А. Г. Австралия глазами натуралиста (122)	121
НОВЫЕ КНИГИ		124
В КОНЦЕ НОМЕРА	Полынин В. М. Гексли, Гукслей и Хаксли без общего знаменателя	127



Долгая жизнь Докучаевского оазиса

Б. И. Скачков,
кандидат сельскохозяйственных наук
НИИ сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева





В этом году несколько памятных для науки дат связано с именем основоположника современного почвоведения, крупнейшего знатока русского чернозема Василия Васильевича Докучаева. 90 лет назад, в 1892 г., были начаты научно-исследовательские и мелиоративные работы в Каменной степи, расположенной в 160 км южнее Воронежа, в результате которых был создан Докучаевский оазис — участок искусственной лесостепи, где разрабатывались и по сей день разрабатываются меры для борьбы с засухами и эрозией почвы в черноземной полосе.

В XIX в. засушливые и неурожайные годы были довольно частыми в традиционной житнице России — черноземной степной и лесостепной полосе. Особенно пагубными стали засухи 1891—1892 гг., охватившие центральную, южную и юго-восточную степную часть страны с населением 35 млн чел.

В апреле того же 1892 г. «в пользу пострадавших от неурожая» выходит книга В. В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь». В ней выдающийся ученый приходит к выводу, что «наша черноземная полоса, несомненно, подвергается хотя и очень медленному, но упорно и неуклонно прогрессирующему иссушению»¹. Причины иссушения Докучаев видит в углублении речной сети из-за сильных размывов и смылов почв и появлении множества яров, оврагов и балок, превративших некогда ровную территорию в холмы, плато и склоны; смене водоупорных горных пород рыхлыми и водопроницаемыми; уменьшении площади лесов и уничтожении естественного покрова — мощной растительности и дерна, — задерживавшего снег и воду и предохранявшего почвы; исчезновении естественных водных резервуаров, также хранивших влагу. В этой же книге разработана и система борьбы с засухой и эрозией почвы, которая, по мнению Докучаева, должна заключаться в регулировании рек (сужении их живого сечения, устройстве запруд и т. п.), регулировании оврагов (устройстве перегородок, плотин, живых изгородей, затрудняющих их рост), регулировании водного хозяйства в открытых степях, на водораздельных просторах с по-

¹ Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. СПб, 1892, с. 103.



В. В. Докучаев [17.II.[1.III]1846—23.X[8.XI]1903].

мощью лесных полос, способствующих накоплению снега, задержанию влаги.

Докучаев предусматривал также разработку норм, определяющих площади пашни, лесов, лугов и водных поверхностей, а также рациональные приемы обработки почв.

По инициативе Докучаева все в том же 1892 г. была организована «Особая экспедиция лесного департамента Министерства земледелия и государственных имуществ», целью работы которой стала разработка мер улучшения работы степного хозяйства. В экспедицию вошли такие крупные специалисты, как К. Д. Глинка, Н. М. Сибирцев, К. Э. Собиневский, В. Н. Дейч, П. В. Отоцкий, Г. И. Танфильев, Г. Н. Высоцкий, А. А. Силантьев и др. Руководил экспедицией сам Докучаев.

Для экспериментов были выбраны три опытных участка: Велико-Анадольский и Старобельский на Украине и Каменноостепной в междуречье Хопра и Битюга в Воронежской губернии. Все они находились

на водоразделах, вдали от больших рек, в маловодных местностях, часто страдающих от засух и пыльных бурь.

Каменная степь, названная так из-за обилия на ее поверхности валунов и щебня (отложений ледника), в ту пору была покрыта типично степной растительностью, в которой преобладали ковыли. Все земли здесь сдавались в аренду и использовались в основном для выпаса, а лучшие участки для выкашивания. Экспериментальный участок был выбран на гребне водораздела между Волгой и Доном. На нем находились удобные для создания прудов овраги и балки, в которых были обнаружены родники. Преобладающим типом почв здесь был чернозем с участками солонцов в верховьях оврагов. Флора и фауна типично степные, климат резко континентальный с сильными ветрами, частыми суховеями. Разница зимних и летних температур иногда превышала 70°. Все это делало каменноостепной участок естественной природной лабораторией, подходящей для разработки задуманных Докучаевым мер по борьбе с засухами. Недалеко от участка сохранились естественные лесные массивы — Хреновской сосновый бор и Шипов лес.

Первая исследовательская группа прибыла в Каменную степь в июне 1892 г. Работы начались с метеорологических наблюдений, исследования и описания почв, составления почвенной карты, изучения растительности и животного мира, изыскания способов регулирования водного режима. Летом 1893 г. в устьях балок появились земляные плотины. Одновременно шла планировка и затем посадка лесных полос и фруктовых садов. Были обсажены деревьями дороги, вершины действующих оврагов. Тогда же Докучаев отвел заповедные участки косимой и некосимой степи (они сохранены и сегодня).

Однако денежные средства экспедиции с каждым годом сокращались, а когда в 1897 г. Докучаев тяжело заболел и был вынужден уйти в отставку, работы стали свертывать. В 1899 г. экспедиция была закрыта официально. За время ее работы было посажено 100 га лесных полос, построено два каскада прудов, сохранившихся до наших дней. После закрытия экспедиции в 1899—1908 гг. работы по посадке и выращиванию лесных полос в Докучаевском оазисе велись Каменноостепным лесничеством под руководством участника экспедиции, впоследствии известного советского лесовода, Г. Ф. Морозова и его ученика Н. А. Михайлова.

После Великой Октябрьской социалистической революции Каменная степь становится научным объектом государственного значения. Под руководством специального уполномоченного Совнаркома А. И. Мальцева здесь проводятся селекционные и семеноводческие работы. В 1937 г. была учреждена Каменностепная государственная селекционная станция, работы на которой не прекращались даже во время Великой Отечественной войны. Засуха, случившаяся в 1946 г., не стала катастрофой для полей Докучаевского оазиса, здесь был получен неплохой для этого трудного времени урожай с гектара — 16,5 ц озимой пшеницы, 15 ц ржи, 16 ц проса — и это во время, когда в колхозах Таловского района, где расположен оазис, урожай большинства культур не превышал 2—3 ц. В том же году станция была преобразована в Научно-исследовательский институт земледелия, а затем в 1958 г. в Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева. Сегодня институт ведет работы не только в районе экспериментального участка старого докучаевского оазиса, а в трех опытно-производственных хозяйствах института, на 15 тыс. га пашни которых имеется 900 га защитных лесонасаждений, 35 прудов и водоемов общей площадью зеркала 386 га с запасом воды около 9 млн м³.

В настоящее время закончена посадка лесных полос на всех водоразделах, на границах полей, по склонам балок и оврагов.

Экспедицией Докучаева на водоразделах были посажены основные лесные полезащитные полосы шириной 40—60 м, под прямым углом к главным полосам размещались вспомогательные — шириной 20—30 м. Сейчас установлено, что защищать поля от ветра могут и более узкие лесные полосы. Разработаны принципы посадки водорегулирующих, прибалочных, приовражных, полезащитных лесных полос. Постоянно проводится оценка их эффективности.

Сейчас ни у кого не вызывает сомнения, что лес, расходуя огромное количество воды, тем не менее способствует ее накоплению в почве, задерживая поверхностный сток и создавая резерв дополнительного увлажнения полей. А доказано это было впервые в Каменной степи и на других участках докучаевской экспедиции, где гидрологические наблюдения ведутся непрерывно вот уже в течение

Профессор В. В. Докучаев.

НАШИ СТЕПИ

ПРЕЖДЕ И ТЕПЕРЬ

ИЗДАНИЕ ВЪ ПОЛЗУ ПОСТРАДАВШИХЪ ОТЪ НЕУРОЖАЯ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типография Е. Евдокимова, Б. Итальянская, № 11.
1892.

Титульный лист книги В. В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь».

85 лет. Это самые долговременные наблюдения такого рода в мире.

Лесные полосы за счет лесной подстилки и резко (в 5—6 раз) увеличившейся водопроницаемости почв полностью поглощают весенний паводковый сток и переводят его во внутрисочвенный, что почти полностью устраняет водную эрозию почв. Подсчитано, что за счет уменьшения скорости ветра в межполосных клетках опасность повреждения посевов пыльными бурями уменьшена на 35—50%. Ровный мощный снеговой покров стал надежно защищать озимые культуры от вымерзания и в достатке снабжает их влагой. В пахотном слое поля, защищенного лесополосами, весной накапливается влаги на 20—30% больше, чем на открытом участке, а непроизводительный расход ее на поверхностный сток и испарение сокращается на 15—20%. При этом сельскохозяйственные



Ковыль в Каменной степи.

культуры в зоне влияния лесополос на формирование единицы урожая расходуют влаги на 15—30% меньше, чем на открытых полях².

² Лазарев М. М. Мелиоративное действие системы полезащитных лесных полос. — В сб.: Пути повышения эффективности полезащитного лесоразведения, М., 1979, с. 13.

В системе лесных полос изменилась сезонная ритмика уровня грунтовых вод. По данным гидрологической станции «Каменная степь», за счет лучшей водопроницаемости почв весной и в первой половине лета грунтовые воды поднимаются выше, чем на открытых полях (от 0,5 до 2,5 м), а в конце лета и осенью снижаются на 0,5—1,0 м, что помогает растениям успешно переносить засуху летом, а осенью создает благоприятные условия для



Касатник сибирский.



Подмаренник настоящий.

Василек русский.



Смолка клейкая.



завершения уборочных работ и влагозарядки почвы.

Большинству из лесополос сейчас уже за восемьдесят лет. Главная порода — дуб — достигает двадцатипятиметровой высоты, чуть меньшей величины ясень обыкновенный и клен остролистный.

Дуб, определяющий долговечность лесополосы, в первые годы жизни растет очень медленно. Лесоводы Каменной степи разработали так называемый коридор-

ный способ выращивания лесополос, позволяющий ускорять рост дуба. Ряды саженцев окружают с боков породами не очень быстро растущими в молодости — липой, кленом остролистным, грушей лесной. Через ряд от дуба высаживают быстрорастущие породы, способные уже в первые годы роста придать насаждению ветрозащитные функции. К тридцати-сорока годам дуб уже господствует в первом ярусе. Безраздельное господство дуба

в лесной полосе — гарантия эффективной работы ее на урожай сто и более лет.

Под пологом лесополос и на защищенных ими полях улучшились водно-физические свойства черноземов, усилились биогенные почвообразовательные процессы, что позволило быстрее, чем на открытых полях, восстанавливать запасы питательных веществ, выносимых из пахотного слоя с урожаем, а следовательно, постоянно сохранять высокий плодородный потенциал черноземов. Почвы степей в 1892 г. содержали 13% гумуса; теперь на полях, защищенных лесополосами, его содержится 10—11%, а на открытых — не более 6—7%.

На окаймленных лесными полосами полях ежегодно получают высокие устойчивые урожаи. За 30 лет средняя прибавка урожая от влияния лесных полос (ц/га) составила: озимая рожь — 4,2; озимая пшеница — 4,6; подсолнечник (зерно) — 2,6; просо — 8,7; картофель — 50,9; подсолнечник (силос) — 66,9; сахарная свекла — 86,2.

Опыт Каменной степи широко распространяется в колхозы и совхозы Центрального Черноземья. В настоящее время в каждой области Центрально-Черноземной

полосы имеются десятки хозяйств, закончивших создание систем лесополос и строительство прудов и водоемов. Каменную степь теперь заслуженно называют родной отечественного полезащитного лесоразведения.

Старые лесные полосы Каменной степи образуют сейчас насаждения, принадлежащие к I и II классам бонитета, с большим запасом и приростом древесины. Многие из них имеют запас древесины, превышающий 500 м³ на гектаре, а средний его прирост составляет 5—8 м³ древесины в год. Ежегодно здесь заготавливается около 3 тыс. м³ деловой древесины, жердей, дров и т. п.

В полосах появились некоторые кустарниковые породы и типично лесные виды травяного покрова (ландыш майский, хохлатка, пролеска), грибы. Типично лесные черты приобрел животный мир. Раньше всего появились лесные птицы (соловей восточный, горлица, синица большая, яблник, большой пестрый дятел). Много сорок, ушастых сов и сплюшек.

В Докучаевском оазисе лесных полос сложились устойчивые биологические связи между компонентами лесных и сельскохозяйственных биогеоценозов, установилось биологическое равновесие численности вредной и полезной фауны. Боль-

НОВОСТИ НАУКИ



Экология

Цинк в окружающей среде

Объединенный комитет по разработке научных критериев качества окружающей среды при Национальном совете по научным исследованиям Канады опубликовал отчет о токсических свойствах металла цинка¹, попадающего в окружаю-

щую среду в результате технологической деятельности человека. Приводятся многочисленные данные о вредном воздействии растворенного в воде цинка на рыб, беспозвоночных и водные растения, однако общие заключения о механизме его токсичности справедливы для любого живого организма, включая человека.

Чаще всего цинк растворен в воде в виде водных ионов $(Zn(H_2O)_6)^{2+}$. Попадая в организм, ионы Zn^{2+} нарушают в тканях нормальный газовый обмен: участвующие в нем клетки оказываются не в состоянии усваивать даже имеющийся в достаточном количестве кислород, его парциальное давление в артериальной крови падает, и

развивается кислородное голодание. Есть данные, что повышенная концентрация Zn^{2+} неблагоприятно воздействует на фермент карбоангидразу, содержащийся в эритроцитах, в почках и жабрах. Этот фермент контролирует газообмен и кислотность (рН) тканевой жидкости и плазмы крови, выводя из организма углекислый газ, образующийся в процессе тканевого дыхания. Уже сравнительно небольшие концентрации Zn^{2+} (от 0,01 мг/л до 3 мг/л) уменьшают количество выметываемой рыбой икры, повышают смертность личинок, снижают рост рыбы и увеличивают содержание сахара в крови. Длительность жизни рыб при постоянном воздействии цинка быстро сокра-

¹ Подобные отчеты по другим металлам см.: Кадмий и здоровье. — Природа, 1981, № 11, с. 114; Никель и здоровье. — 1982, № 3, с. 113.

шинство энтомофагов (насекомых, паразитирующих на основных вредителях леса и сельскохозяйственных культур) зимуют и получают дополнительное питание в лесных полосах. Здесь же поселились многочисленные полезные птицы и звери, уничтожающие вредных насекомых и грызунов. В новых условиях искусственно созданной лесостепи появилось много биологических ниш, что способствует массовому развитию сапрофитных грибов, полезных микроорганизмов и беспозвоночных животных, значительно облегчая проведение биологических мер борьбы с вредителями и болезнями как леса, так и посевов сельскохозяйственных культур. В Докучаевском оазисе уже давно не применяются химические средства борьбы из-за отсутствия очагов массового размножения вредителей.

Особое место в Докучаевском оазисе занимают залежи Каменной степи, о которых мы уже говорили. Эти участки когда-то распахивались, а потом были превращены в заповедные с целью сохранить коренной тип степной растительности.

Природа залежей, конечно, отличается от девственных степей. Здесь есть занесенные в «Красную книгу СССР» все виды ковыля, шпажник черепитчатый (ди-

кий гладиолус), тюльпаны, пион тонколистный, катран татарский, лапчатка донская, горичвет весенний и ряд других растений. В целом флора Каменной степи представлена более чем 800 видами высших растений, относящихся к 75 семействам.

Красивы степные заповедники в мае — июне, когда они насыщены ликующими красками цветущих растений, хмельным ароматом. Переключка разноголосых птиц сливается с гудением шмелей, жужжанием пчел, со стрекотанием кузнечиков. Торжественно над всеми цветами и травами степи седыми волнами переливается ковыль.

Но, к сожалению, меняется лик степи, даже заповедной. Ковыли постепенно вытесняются корневищными злаками и бурьянными видами, древесно-кустарниковой растительностью. Дело в том, что иной раз мы сами своим неприкосновением, строгой заповедностью нарушаем режим веками сложившегося природного комплекса, ведь давно известно что умеренная пастьба (в прошлом диких животных), выжигание, сенокосение — необходимые условия существования злаковых степей.

В Каменной степи примыкающие к лесополосам старые некосимые залежи, лишённые какого-либо влияния со стороны человека и копытных животных, настолько

шается с ростом его концентрации: если при 2 мг/л длительность жизни составляла 30 и более суток, то при 50 мг/л — менее одного дня. Морские рыбы более чувствительны к присутствию цинка в воде, чем пресноводные (в чистой морской воде содержание Zn^{2+} менее 10 мкг/л). Концентрация ионов Zn^{2+} , растворенных в реках и водоемах Канады, в среднем 10 мкг/л, редко превышая 40 мкг/л, однако в водах, отравленных промышленными стоками, она может достигать до 11 мг/л, а в донных осадках — до 0,3 мг/г. При этом загрязненность грунтовых вод иногда в 10 раз превышает загрязненность поверхностных.

Если проследить за из-

менением фауны и флоры вниз по течению водного потока, имеющего источник цинка, то картина выглядит следующим образом: «вблизи источника выживают лишь некоторые виды трубчатых червей и простейших; ниже по течению, где концентрация цинка 11 мг/л, рыба отсутствует, численность беспозвоночных очень низкая, водоросли и водные растения развиваются скудно; еще ниже, при концентрации 0,9 мг/л, наблюдается большое разнообразие беспозвоночных, обилие рыбы и водорослей.

Цинк попадает в окружающую среду с откачиваемыми на поверхность рудными водами, при утечках из очистных сооружений, со стоками горно-

добывающих и металлургических предприятий, при сжигании ископаемых видов топлива и нефтепродуктов, из городских свалок, с выбросами в атмосферу из печей цветной металлургии, за счет эрозии возделываемых почв, со стоками с автодорог, при коррозии оцинкованных поверхностей и цинкосодержащих сплавов.

National Research Council Canada, Ottawa, 1981, № 17589 (Канада).



Восьмидесятилетняя полезащитная дубовая лесная полоса.

энергично зарастают древесно-кустарниковой растительностью, что в последние годы возник вопрос даже о мерах по их искусственной расчистке. Аналогичные проблемы встают и в соседнем Центрально-Черноземном биосферном заповеднике. Необходимо срочно решать вопрос о подборе правильного режима для участков заповедной степи. Она должна сохраниться не только как памятник природы, но и как часть истории России.

На косимых залежах Каменной степи

сохранилась и бережно охраняется небольшая колония сурков — коренных жителей степных районов страны. Сейчас в Черноземье сурок живет всего в двух-трех местах и постоянно подвергается опасности со стороны человека, бродячих собак, а последнее время и волков, а также участвовавших резких подъемов уровня грунтовых вод. И в Каменной степи численность его постепенно уменьшается. Двадцать лет назад здесь обитало более тысячи сурков, а сейчас их в десять раз меньше.

Из других типичных степняков на залежах живут ставшие сейчас довольно редкими птицы — степные луни. Некосимые залежи — единственное место в Каменной степи, где гнездятся болотные со-



Уголок некосимой заповедной залежи.

вы, устраивающие свои гнезда, как и луни, на толстом растительном войлоке. Сохранилось здесь и большое количество зайцев-русаков. С 1979 г. успешно начата работа по акклиматизации фазана.

Однако самую сложную проблему, стоящую перед учеными Каменной степи, — сохранение бесценного генофонда диких кормовых, лекарственных и декоративных растений степи — пока еще нельзя считать решенной. Здесь нужна еще большая работа.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Докучаев В. В. НАШИ СТЕПИ ПРЕЖДЕ И ТЕПЕРЬ СПб, 1892.

Ключников Ю. В. ПОСАДКА И ВЫРАЩИВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС. Воронеж, 1948.

Павловский Е. С. и др. ЛЕСНЫЕ ПОЛОСЫ КАМЕННОЙ СТЕПИ. Воронеж, 1967.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИРОДЫ КАМЕННОЙ СТЕПИ. М.: Россельхозиздат, 1970.

Скачков И. А., Пятунин А. А. ОГЛЯНИСЬ НА КАМЕННУЮ СТЕПЬ. М.: Колос, 1973.

Новый взгляд на происхождение хордовых

В. В. Малахов



Владимир Васильевич Малахов, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Института биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР. Основные научные интересы — сравнительная анатомия и сравнительная эмбриология животных.

Хордовые — один из крупнейших типов животного царства — освоили все среды обитания и достигли наивысшей среди живых существ сложности строения и поведения. В состав этого типа входят оболочники (морские сидячие или плавающие в толще воды организмы), бесчерепные (морские рыбообразные существа — ланцетники) и позвоночные (круглоротые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие), человек — тоже представитель хордовых.

Происхождение хордовых издавна привлекало внимание биологов. Сравнительные анатомы XIX столетия видели сходство хордовых с кольчатыми червями или членистоногими. Еще в 1822 г. выдающийся французский биолог Этьен Жоффруа Сент-Илер (1772—1844) пытался обосновать идею единого плана строения хордовых и членистоногих. «Взгляните на рака, опрокинутого на спину, — писал он, — и вы увидите, что различные системы его расположены совершенно так же, как у высших позвоночных животных». Идеи Сент-Илера о происхождении хордовых от перевернутых кольчатых червей или членистоногих поддерживали и развивали Р. Оуэн, К. Семпер, А. Дорн, У. Гаскелл и другие известные биологи прошлого века.

В конце XIX — начале XX столетия эти взгляды утратили популярность. К этому

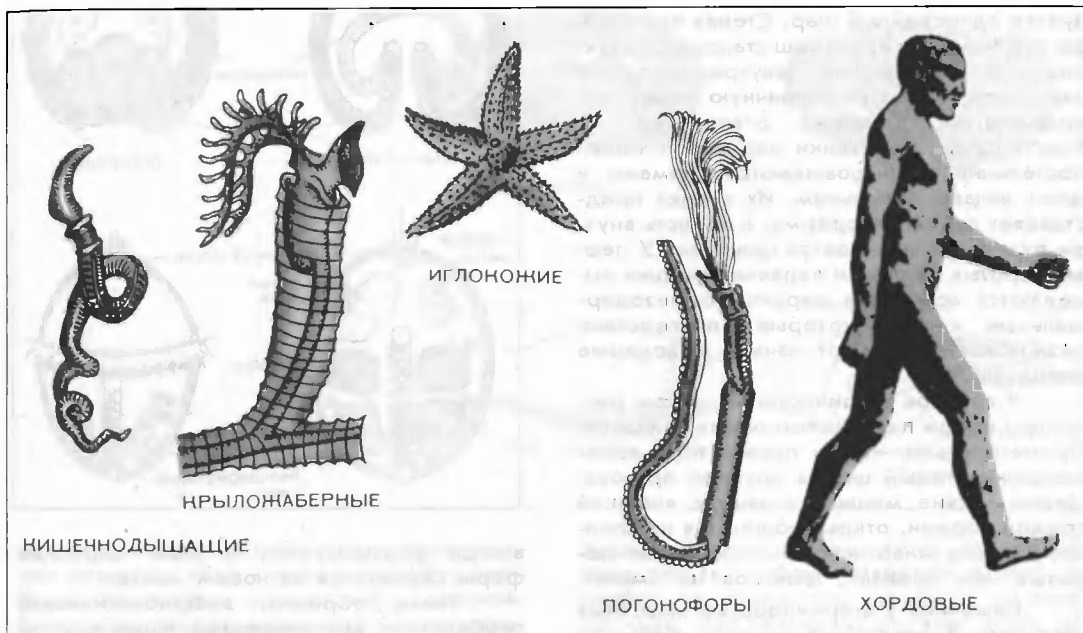
времени накопились данные о строении и развитии животных и выяснилось, что все двусторонне-симметричные организмы можно разделить на две основные группы: первичноротых и вторичноротых (подробнее о разнице между ними — ниже). Сразу же оказалось, что кольчатые черви и членистоногие представляют собой наиболее типичных первичноротых, тогда как хордовые — ярко выраженные вторичноротые. И предков хордовых стали искать среди вторичноротых животных, обнаруживая сходство то с одной, то с другой их группой. Так, еще в 80-х годах прошлого века английский зоолог и генетик У. Бэтсон и русский биолог В. М. Шимкевич пытались обосновать близкое родство хордовых со своеобразными морскими животными — кишечнодышащими, которых даже стали причислять к особому типу полухордовых. В нашем столетии неоднократно высказывались мнения о близком родстве хордовых с другой группой вторичноротых — иглокожими. Однако четко обосновать сходство хордовых ни с кишечнодышащими, ни с иглокожими никому не удалось.

Своеобразно отреагировали на неудачи сравнительных анатомов другие зоологи, создав несколько теорий так называемого неотенического происхождения хордовых от сидячих оболочников — асцидий, морских мешкообразных организмов,

фильтрующих воду и так улавливающих свою пищу — мельчайшие органические частицы. Произошло это после того, как в 1866 г. выдающийся русский биолог А. О. Ковалевский обнаружил, что личинки асцидий имеют хорошо развитые хорду и нервную трубку — характерные признаки строения хордовых. По мнению многих биологов XX столетия (У. Гарстанга, Н. Берилла, М. Уитера, К. Боуна и других), личинки древних асцидий приобрели способность к половому размножению до достижения взрослого состояния (это

нако отсутствие какой-либо другой концепции, объясняющей происхождение хордовых, привело к тому, что идеи об их неотеническом происхождении получили широкое распространение, вошли во многие руководства и учебники и дожили до наших дней.

Таково было положение дел, когда автор этой статьи приступил к работе над проблемой происхождения хордовых. Прежде всего предстояло четко разграничить признаки первично- и вторичноротых, поскольку такое название групп животных



Различные группы вторичноротых животных.

явление и называется неотенией), и от них-то и произошли хордовые.

Почему же с неотенией связывали происхождение хордовых? Да потому, что взрослые асцидии ни хорды, ни нервной трубки не имеют, и, следовательно, представить развитие хордовых как дальнейшую эволюцию асцидий невозможно. Но и концепции неотенического происхождения, неоднократно подвергавшиеся критике, по существу ничего не объясняли. По-прежнему оставалось неясным, откуда же взялись у личинок черты хордовых животных, и, кроме того, добавились новые проблемы: от каких предков и каким образом можно вывести асцидий с их своеобразной, крайне упрощенной организацией. Од-

не отражало истинного различия между ними, а сохранилось, главным образом, в силу исторических традиций. К счастью, не нужно было начинать с азов, все сведения о строении и развитии первичноротых и вторичноротых были уже известны, оставалось лишь разложить их по полочкам.

ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОРОТЫХ И ВТОРИЧНОРОТЫХ ЖИВОТНЫХ

Именно при сопоставлении этих групп животного мира особенно наглядно выступают их отличительные признаки. Напомню, что к первичноротым относятся черви, моллюски и членистоногие, а в состав вторичноротых входят иглокожие (морские звезды, морские ежи, морские лилии, голотурии и змеехвостки), кишечноротые,

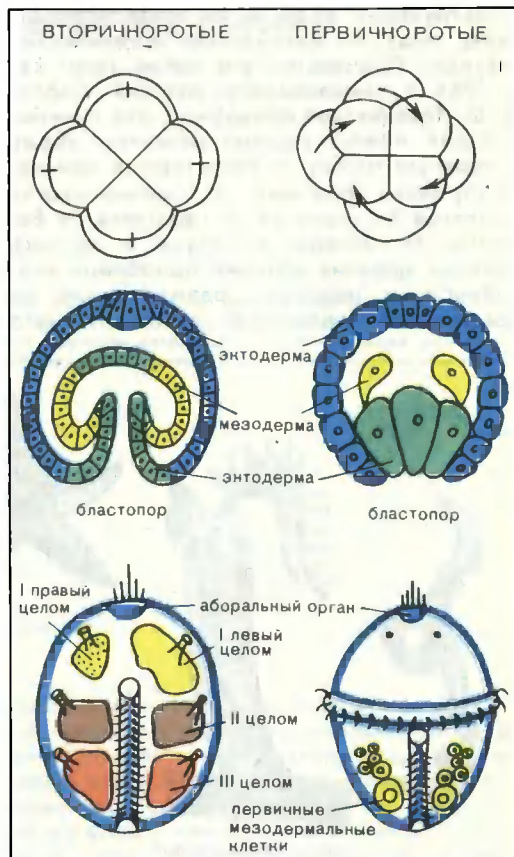
крыложаберные (сидячие или подвижные морские животные), погонофоры (своеобразные преимущественно глубоководные морские организмы, обитающие в трубочках) и хордовые.

Яйца всех вторичноротых подвергаются так называемому радиальному дроблению, при котором первые зародышевые клетки располагаются одна над другой. Яйца первичноротых дробятся спирально, первые клетки зародыша укладываются над бороздами, разделяющими другие клетки. Со временем из все увеличивающихся в числе клеток образуется однослойный шар. Стенка его вскоре впячивается, и зародыш становится двухслойным. Энтодерма (внутренний слой зародыша) образует первичную кишку, открывающуюся наружу отверстием — бластопором. От стенки первичной кишки постепенно отшнуровываются карманы и дают начало пузырькам. Их стенка представляет собой мезодерму, а полость внутри пузырьков называется целомом. У первичноротых из стенки первичной кишки выделяются всего две первичные мезодермальные клетки, которые впоследствии размножаются и дают начало мезодерме зародыша.

У личинок вторичноротых целом расчленен на три пары целомических мешков. Примечательно, что их первая пара асимметрична: левый целом крупнее правого. Целомические мешки связаны с внешней средой порами, открывающимися на спинной стороне животного. Личинки первичноротых, как правило, целомов не имеют.

Кишечник у вторичноротых животных сквозной. У некоторых из них, например у иглокожих, бластопор превращается в заднепроходное отверстие (анус), тогда как рот прорывается заново. Такой способ формирования рта называют вторичным, и отсюда происходит название всей группы вторичноротых животных. Необходимо, однако, отметить, что такой способ образования рта свойствен не всем вторичноротым. Легко догадаться, что у первичноротых бластопор полностью или частично превращается в ротовое отверстие.

На переднем конце тела личинки вторичноротых имеют аборальный орган — первичное место концентрации нервных и чувствительных клеток, которое называют также первичным мозгом. Такой же орган есть и у личинок первичноротых животных. Но у них аборальный орган — это зачаток мозга взрослых животных, тогда как у вторичноротых аборальный орган



всегда редуцируется, а мозг взрослых форм образуется на новом месте.

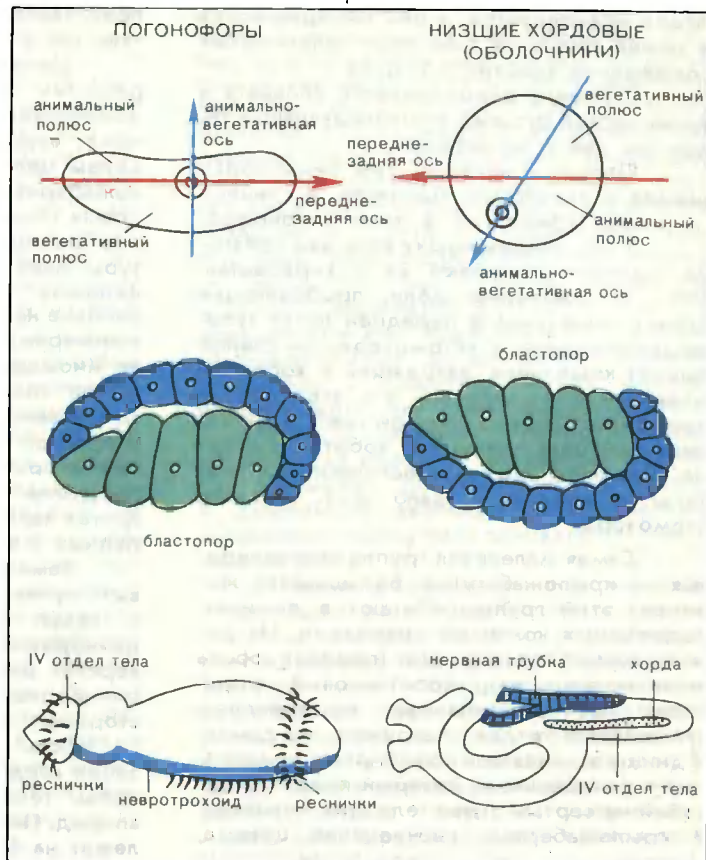
Таким образом, эмбриологические особенности вторичноротых животных коренным образом отличаются от эмбрионального развития первичноротых. Чтобы понять положение хордовых внутри группы вторичноротых, необходимо провести более широкий анализ, охватывающий кроме эмбрионального развития строение взрослых форм.

СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВТОРИЧНОРОТЫХ ЖИВОТНЫХ

Анализ строения и развития вторичноротых удобно начать с рассмотрения погонофор. Их яйца устроены весьма своеобразно: первичная ось яйца (ее называют анимально-вегетативной, так как она соединяет два полюса яйца: анимальный, на котором располагается ядро яйцеклетки, и вегетативный, здесь концентрируются гранулы желтка) перпендикулярна передне-

Схема эмбрионального развития первично- и вторичноротых. Верхний ряд — стадии в бластомеров в дроблении; средний ряд — закладка мезодермы; нижний ряд — строение личинок. [Описание в тексте.]

Схема эмбрионального развития погонофор и хордовых. Верхний ряд — яйца; средний ряд — двухслойный зародыш; нижний ряд — личинки. [Описание в тексте.]



задней оси будущего зародыша. Вегетативная половина яйца соответствует будущей брюшной стороне, анимальная — спинной. Бластопор, закладывающийся на вегетативном полюсе, сначала округлый, потом он принимает щелевидную форму и, наконец, полностью замыкается. По линии замыкания формируется ресничная полоска — невротрохоид, вдоль которого закладывается брюшной нервный тяж.

Личинки погонофор передвигаются по дну с помощью ресничек невротрохоида, затем закрепляются, «заякориваются» задним концом тела в грунте и зарываются в его толщу. Взрослые погонофоры обитают в трубочках, выделяемых покровными тканями этих животных. Тело их разделено на 4 отдела. Передний несет щупальца и содержит первую пару целомов: обширный левый, заходящий в щупальца, и маленький правый, преобразованный в околосердечную сумку, перикард. Вторая пара целомов находится во втором отделе, а третья располагается в туловищном и содержит половые про-

дукты. Задний конец тела погонофор представляет собой четвертый отдел; он разбит на отдельные сегменты и несет щетинки. Целомический аппарат этого отдела также сегментирован.

Нервный аппарат погонофор представлен брюшным нервным тяжем, частично погруженным в глубокий желобок. Взрослые погонофоры сохраняют и невротрохоид, расположенный в передней части туловищного отдела.

Главные кровеносные сосуды погонофор — спинной, по которому кровь течет вперед, и брюшной — по которому кровь течет назад. Сердце лежит на спинной стороне тела.

Следующая группа вторичноротых — кишечнодышащие, эмбриональное и личиночное развитие которых типично для вторичноротых. Тело личинок подразделяется на три отдела: лобот, воротник и туловище, а у некоторых кишечнодышащих есть и четвертый отдел, с помощью которого осевшая на дно личинка закапывается в грунт. У взрослых животных четвертый

отдел редуцируется, и они передвигаются в толще грунта за счет перистальтических сокращений хоботного отдела.

Строение целомического аппарата и кровеносной системы кишечнодышащих такое же, как у погонофор.

Брюшной нервный тяж кишечнодышащих и погонофор одинаков, а спинной не имеет гомологов в теле погонофор.

У кишечнодышащих есть два признака, которые сближают их с хордовыми. Это — жаберные щели, прободающие стенку кишечника в передней части туловищного отдела, и «стомохорд» — слепой вырост кишечника, заходящий в хоботный отдел тела. Интересно, что этот слепой вырост построен из упругой ткани и выполняет функцию опоры для хоботного отдела. Сходство его гистологической структуры с хордой и дало ему название стомохорд.

Самая маленькая группа вторичноротых — крыложаберные. Большинство животных этой группы обитают в домиках, выделяемых кожными покровами. Из домика торчит головной щит (гомолог хобота кишечнодышащих), воротниковый отдел несет ловчие щупальца, мешковидный туловищный отдел погружен в домик. К днищу домика крыложаберные прикрепляются стебельком, который представляет собой четвертый отдел тела этих животных. У крыложаберных расчленение целома, расположение пор и кровеносная система такие же, как у кишечнодышащих. Нервных тяжей два — длинный брюшной и короткий спинной. Подобно кишечнодышащим, крыложаберные имеют стомохорд и жаберные щели.

Рассмотрев организацию погонофор, кишечнодышащих и крыложаберных, приступим к анализу строения самих хордовых. Сосредоточим свое внимание на двух самых примитивных группах этого типа — оболочниках и бесчерепных.

В яйцах низших хордовых, так же как у погонофор, анимально-вегетативная ось образует угол с передне-задней осью будущего зародыша, но этот угол меньше 90°. Однако, и это очень важно подчеркнуть, у погонофор вегетативная половина яйца соответствует брюшной стороне тела, а у хордовых — спинной. Отсюда и обратное по сравнению с тремя рассмотренными группами вторичноротых расположение органов у хордовых. Так, бластопор у них закладывается на спинной стороне (у вторичноротых на брюшной), нервный тяж, подстилающий невротрохонд,

представляет собой спинной, а не брюшной тяж, как у других вторичноротых.

Целом хордовых на ранних стадиях развития представлен тремя парами целомических мешков, гомологичных хоботному, воротниковому и туловищному отделам целома кишечнодышащих и крыложаберных. Но в отличие от них у хордовых стенки первой и второй пары целома расходуются на построение мускулатуры переднего конца тела. Третья пара целома разбита на сегменты, также дающие начало туловищной мускулатуре — миомерам. Впрочем, в туловищном отделе миомеры полностью изолированы только на спинной стороне, а на брюшной сохраняется единая целомическая полость, в которой и хордовых, так же как у прочих вторичноротых, созревают половые продукты. Полностью же сегментирована третья пара целома только в хвосте бесчерепных и позвоночных.

Замечательно, что у низших хордовых правый передний целом большой, а левый маленький, а у других вторичноротых — наоборот. Кроме того, отверстия целома, в отличие от всех вторичноротых, у хордовых лежат на брюшной стороне.

Есть еще одна особенность организации хордовых: у них по спинному сосуду кровь течет назад, а по брюшному — вперед. Перикард и сердце у оболочников лежат на брюшной стороне, а не на спинной, как у прочих вторичноротых. Сердце позвоночных и пульсаторный орган бесчерепных хотя и не гомологичны сердцу оболочников и других вторичноротых, но также расположены на брюшной стороне тела. Таким образом, направление кровообращения и положение сердца у хордовых обратное по сравнению с прочими вторичноротыми.

Итак, закончив сравнительно-морфологический анализ вторичноротых, сведем воедино признаки, свойственные хордовым и отличающие их от всех вторичноротых:

- 1) бластопор хордовых соответствует не брюшной, а спинной стороне тела;
- 2) нервная пластинка, закладывающаяся по месту замыкания бластопора, превращается не в брюшной, а в спинной нервный тяж;
- 3) асимметрия первой пары целома имеет обратный характер: правый целом больше левого;
- 4) отверстия целома открываются не на спинной, а на брюшной стороне тела;
- 5) кровь по брюшной стороне течет впе-

ред, а по спинной — назад, и сердце лежит не на спинной, а на брюшной стороне.

Все эти пять коренных отличий хордовых от других вторичноротых позволяют допустить следующее: брюшная сторона тела хордовых гомологична спинной стороне всех прочих вторичноротых животных и наоборот. Следовательно, по отношению к ним хордовые являются перевернутыми животными. Но чтобы прийти к такому, казалось бы, столь очевидному выводу, потребовалось, во-первых, извлечь из всей совокупности данных о строении и развитии хордовых те из них, которые можно использовать для сопоставления этих животных с другими вторичноротыми; во-вторых, преодолеть инерцию сравнительно-анатомического мышления, которая прочно связывала идею перевернутости хордовых с устаревшими теориями их происхождения от кольчатых червей и членистоногих. Мысль о перевернутости хордовых возникла совершенно неожиданно при анализе морфологии вторичноротых и, конечно, заставила вспомнить полузабытые уже идеи Сент-Илера и других сравнительных анатомов прошлого века. И хотя хордовые оказались перевернутыми вторичноротыми, а не кольчатыми червями или членистоногими, тем не менее аналогия с гипотезами полуторакековой давности оказалась не только интересной, но и плодотворной.

ОБЩИЙ ОЧЕРК ЭВОЛЮЦИИ ВТОРИЧНОРОТЫХ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ХОРДОВЫХ ЖИВОТНЫХ

Хордовые формировались в протерозойскую эру, в отложениях которой сохранилось очень мало остатков живых организмов. Нет никаких палеонтологических данных, позволяющих восстановить историю возникновения хордовых. В таких случаях на помощь часто приходят другие науки. Так, сравнительная анатомия позволяет, сопоставив планы строения различных организмов, найти признаки, свидетельствующие о родстве животных или доказать его отсутствие. Общность развития разных систематических групп выявляется по данным сравнительной эмбриологии. Восстанавливая шаг за шагом ход эмбрионального развития организмов, можно проследить основные этапы эволюции той или иной группы животного царства.

Проведя анализ эмбрионального и личиночного развития вторичноротых, мы уже вправе предположить, что общий пре-

док этих животных имел сходство с личинками современных вторичноротых, т. е. был двусторонне-симметричным организмом со сквозным кишечником и целомом, расчлененным на три отдела. Наличие невротрохида у современных вторичноротых указывает на то, что гипотетический предок имел на брюшной стороне ресничную полость, с помощью которой он передвигался по поверхности грунта. В дальнейшем, по видимому, произошло обособление заднего конца тела как особого четвертого отдела, который первоначально служил для закрепления или зарывания в толщу грунта, подобно тому как это делают личинки погонофор и кишечноресничных. Можно предположить, что само появление этого отдела было связано с таким образом жизни, когда животное зарывалось в грунт или временно прикреплялось к нему. В дальнейшей эволюции вторичноротых четвертому отделу тела принадлежит очень важное место.

Общие предки вторичноротых дали начало трем рано обособившимся эволюционным стволам. Один из них объединяет погонофор и хордовых. Общие черты этих двух типов — сходное строение яйца, единственный нервный тяж, проходящий вдоль брюшной стороны, сохранившиеся у взрослых животных остатки невротрохида, полная сегментация целомов в четвертом отделе тела. В дальнейшем судьбы погонофор и хордовых разошлись. Погонофоры перешли к практически неподвижному обитанию в трубках и выработали весьма своеобразный внекишечный способ питания, поглощая из морской воды растворенные органические вещества. При этом кишечник, рот и анус у взрослых погонофор редуцировались.

Развитие же хордовых продолжалось. Четвертый отдел их тела приобрел новую двигательную функцию. Вспомним, что у всех вторичноротых этот отдел является прикрепительным, или «закрепляющим», органом, а хордовые, единственные из вторичноротых, стали использовать четвертый отдел тела как мощный орган движения. Для движения необходимы мышцы, и они появляются уже у низших хордовых: стенки третьей пары целомов, проникающие в четвертый отдел, дают начало мощной мускулатуре, а из энтодермальных производных формируется опорный стержень — хорда. Приобретение подвижности — основополагающая ступень в эволюции хордовых, начиная с низших. Способность к движению прослеживается у всех групп животных этого типа.

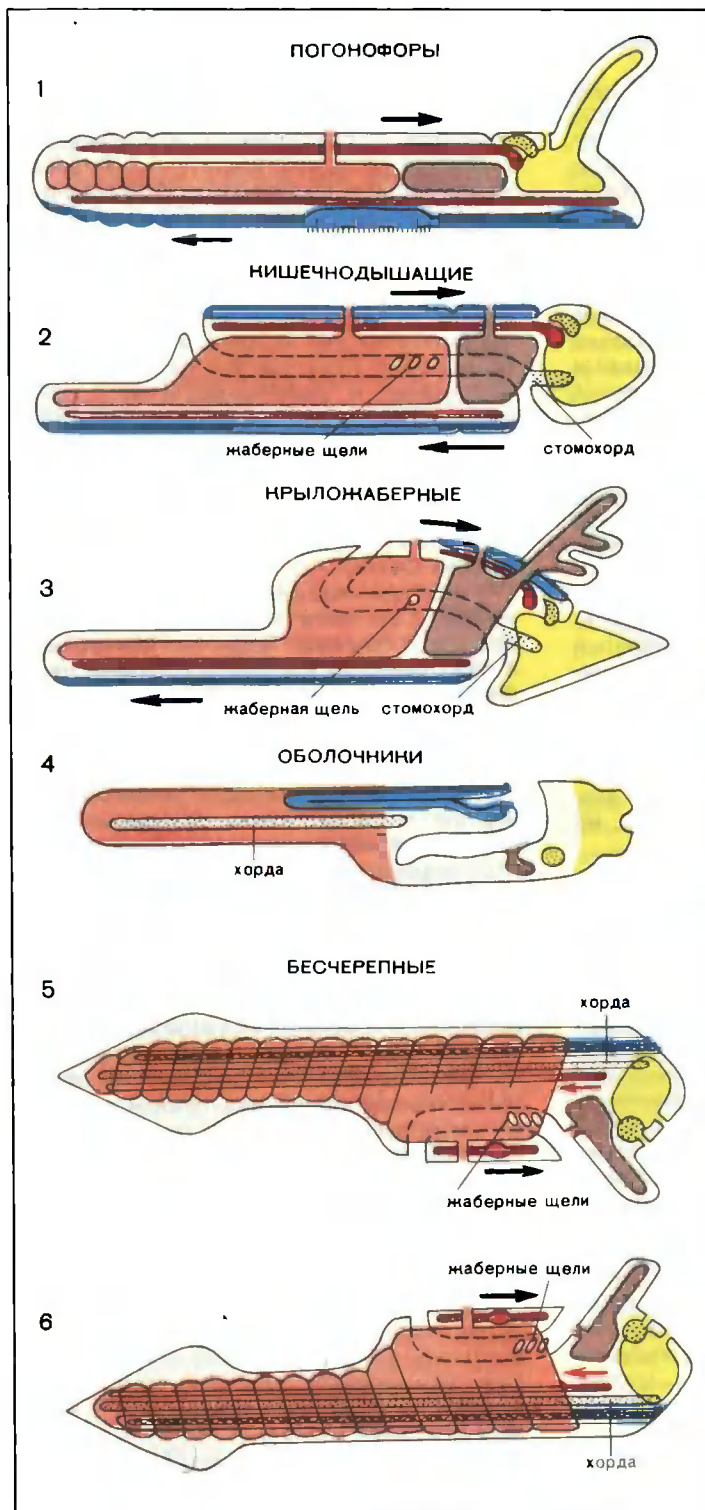


Схема строения погонофор (1), кишечноресничных (2), крыложаберных (3), личинок оболочников (4) и бесчерепных (5 и 6). Общие признаки строения вторичноротых — расчленение целома, асимметрия его первой пары, асимметричный кишечник (у погонофор он утрачен), наличие спинного и брюшного кровеносных сосудов, сердца и нервного ствола — просматриваются у всех животных, представленных на рисунке. У кишечноресничных и крыложаберных появляются жаберные щели и стомохорд — признаки, объединяющие этих беспозвоночных с хордовыми.

У хордовых расположение органов и систем — обратное по сравнению со всеми прочими вторичноротыми. Но если перевернуть хордовых (6) со спины на брюхо, то все становится на свое место.

- I левый целома, у хордовых (4 и 5) он правый.
- I правый целома (перикард), у хордовых (4 и 5) он левый.
- II целома
- III целома
- Нервный ствол
- Кровеносный сосуд с сердцем

Второе событие, обусловившее эволюцию хордовых, — инверсия сторон тела. Причины переворота предков хордовых на спинную сторону загадочны, но вот одно из наиболее вероятных объяснений его. Питаясь, беспозвоночные собирают органические частицы или из толщи воды или с поверхности грунта. Предки хордовых, так же как современные крыложаберные, скорее всего, собирали взвешенные в воде частицы с помощью ловчих щупалец. На определенном этапе эволюции они, по-видимому, перешли к сбору пищи с поверхности грунта. Сделать это можно различными способами, но предки хордовых «избрали» переворот на спинную сторону для того, чтобы приблизить щупальца к субстрату. Интересно, что очень примитивная группа хордовых — бесчерепные, — добывая пищу, до сих пор используют околоротовые щупальца, гомологичные значительно более сложному ловчему аппарату крыложаберных. Спинная сторона у хордовых постепенно стала ползательной поверхностью и превратилась в брюшную, а брюшная сторона стала спинной. Эта новая ориентация сторон тела сохранилась у всех хордовых животных.

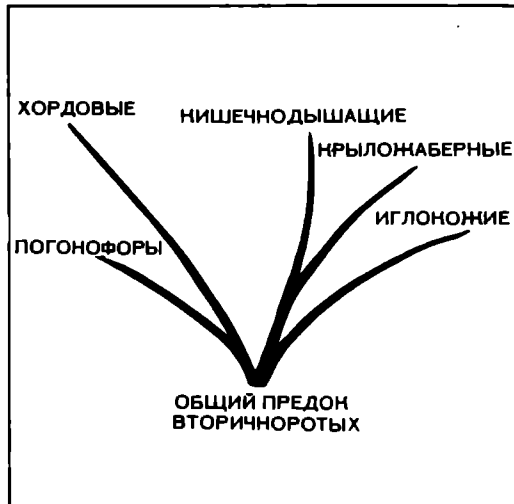
Особую эволюционную линию вторичноротых составляют кишечнодышащие и крыложаберные. У них предротовой отдел тела служит основным органом движения: это роющий хобот у кишечнодышащих и ползательный головной щит у крыложаберных. В связи с этим в предротовом отделе из производных энтодермы формируется опорное образование — стомохорд. Четвертый отдел тела полухордовых — либо орган закоривания у молодых кишечнодышащих, либо — прикрепительный стебелек у крыложаберных.

Обычно полухордовых считают ближайшими родственниками хордовых. Однако с этим трудно согласиться, они не ближе к хордовым, чем другие группы вторичноротых. В некоторых отношениях полухордовые эволюционировали от общего прототипа даже дальше хордовых. Так, помимо общего для всех вторичноротых брюшного нервного тяжа, у полухордовых развит дополнительный спинной нервный тяж, не имеющий гомологов в теле хордовых животных.

Иглокожие представляют собой самостоятельную эволюционную ветвь вторичноротых животных, перешедших к дидакчему образу жизни и выработавших весьма совершенную радиальную пятилучевую симметрию. У них полностью утрачен второй правый целом, но хорошо

развит второй левый, который у взрослых иглокожих образует своеобразную водно-сосудистую систему. Значительно перестроена нервная система иглокожих. У них, с их пятилучевой симметрией тела, развиты пять нервных тяжей, из которых только один является гомологом исходного для всех вторичноротых брюшного нервного тяжа.

Итак, по мнению автора, анализ многочисленных данных по эмбриологии и сравнительной анатомии многих беспозвоночных и хордовых позволяет представить



Филогенетическое древо вторичноротых.

хордовых как перевернутых со спины на брюхо вторичноротых. Будет ли принята такая точка зрения автора — покажет будущее. Автору же она кажется вполне логичной и позволяет построить филогенетическое древо вторичноротых животных.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Сент-Илер Э. Ж. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. М.: Наука, 1970.

Малахов В. В. ПРОБЛЕМА ОСНОВНОГО ПЛАНА СТРОЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ ВТОРИЧНОРОТЫХ ЖИВОТНЫХ. — Журнал общей биологии, 1977, т. 38, № 4.

Малахов В. В. ОРГАНИЗМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МОРФОЛОГА. — В кн.: Уровни организации биологических систем. М.: Наука, 1980.

Чохское поселение — памятник становления производящего хозяйства в Дагестане

Х. А. Амирханов,
кандидат исторических наук
Институт археологии АН СССР
Москва

Чохское поселение расположено в горном Дагестане (Гунибский район). Это единственный для Восточного Кавказа многослойный памятник каменного века с ненарушенными археологическими отложениями. Поселение было открыто в 1954 г. и исследовалось дагестанским археологом В. Г. Котовичем. Интересные и неожиданные результаты были получены в 1980—1981 гг. Северокавказским палеолитическим отрядом Института археологии АН СССР, возобновившим раскопки поселения. Новые исследования, проведенные с участием геоморфологов, дополненные данными палеоботаники, палеозоологии и спорово-пыльцевого анализа, дали основание для новых и очень важных культурно-исторических интерпретаций, касающихся окончательного заселения данного района Восточного Кавказа, характера адаптации людей к условиям высокогорья, времени и путей становления здесь производящего хозяйства.

Если исходить из установленных нами датировок, то оказывается, что верхний слой Чохского поселения (первая половина VI тысячелетия до н. э.) содержит наиболее раннюю для Кавказа керамику, древнейшие для этого региона зерна окультуренных злаков (различных видов пшеницы и ячменя), костные остатки одомашненных уже животных. Иными словами, этот памятник демонстрирует уже завершившийся здесь переход от присваивающего хозяйства к производящему. Этот факт имеет принципиальное значение для первобытной археологии Кавказа; он значительно удвояет время



раскопанная часть жилища на Чохском поселении в Дагестане (вид изнутри). Наиболее интересно наличие входного коридора в жилую камеру: такое архитектурное решение необычно даже для времени широкого распространения на Кавказе каменной архитектуры (ранний бронзовый век, конец IV — начало III тысячелетия до н. э.), не говоря уже о неолите и энеолите (VI—V тысячелетия до н. э.).

возникновения производящего хозяйства на Европейской части территории СССР. Чохское поселение является не только одним из наиболее ранних в этом смысле, но и пока единственным в нашей стране памятником, отражающим процесс выживания неолитической культуры с производящей экономикой в основном на местной, мезолитической основе.

В Чохском поселении обнаружено и наиболее древнее для археологических культур Кавказа искусственное (в отличие от пещерных — естественных) жилище с каменной архитектурой. Пока раскопано меньше половины его площади.

С фасада оно предстает в виде неправильного полукруга, к левому краю которого пристроен выдающийся на 2 м коридоробразный вход. Функцию задних стен выполняет известняковая скала вертикального борта каньона. Дугообразная стена непосредственно жилой части сложена довольно искусной сухой кладкой из необработанных обломков известняка. На некоторых участках видны два и три ряда кладки. Коридор шириной около 1 м оформлен вертикально стоящими плитами известняка до 1 м высотой.

Предположительно площадь всего жилища 50—60 м². Наиболее ранние из известных до этого жилищ Кавказа (шулаверн-шомутепинская культура, V тысячелетие до н. э.) реконструировались как купольные постройки из сырцового кирпича. Известны были также жилища, сооруженные в пещерах путем их большего или меньшего благоустройства. Более раннее чохское жилище демонстрирует, таким образом, иной путь развития архитектуры и строительной техники в горной части Кавказа на заключительной стадии каменного века.

Наблюдение отдельных атомов в электронном микроскопе

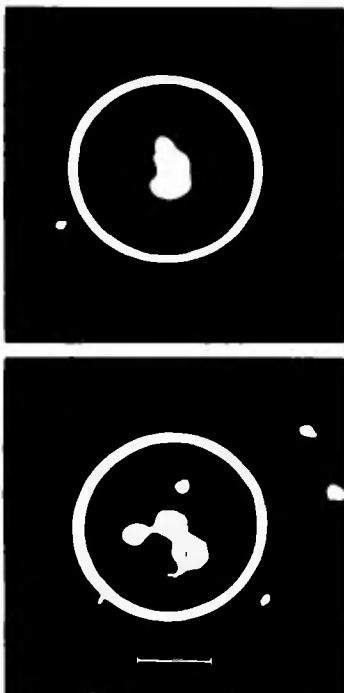
В. Н. Рожанский,
доктор физико-математических наук

Институт кристаллографии им.
А. В. Шубникова АН СССР
Москва

Природные и искусственные кристаллы состоят из атомов, расположенных в строгом порядке друг относительно друга в узлах кристаллографической решетки. Однако этот порядок может нарушаться, например при появлении точечных дефектов. Если таких дефектов много, они объединяются, образуя макроскопические дефекты; примером могут служить «кусты» пустотелых каналов в фосфиде галлия, возникающие из-за избирательного испарения фосфора с поверхности кристалла¹.

В последние годы развивающаяся способность просвечивающих электронных микроскопов приблизилась к значению, позволяющему наблюдать отдельные атомы. Это исключительно важно для выяснения взаимного расположения атомов в сложных молекулах, структурного состояния примесей в легированных кристаллах и для установления характера элементарных радиационных повреждений различных тел быстрыми частицами.

Однако изображение отдельного атома приходится наблюдать на фоне других атомов, из которых построен кристалл. Можно, конечно, наблюдать тяжелые атомы на фоне легких, так как их рассеивающая способность существенно возрастает с увеличением порядкового номера элемента. Но более эффективным оказался метод



Распад в кристалле кремния комплекса из четырех атомов золота (вверху) на отдельные атомы (внизу). Масштаб — 10 Å. (Захаров Н. Д., Рожанский В. Н., Парлова Е. В. — Физика твердого тела, 1980, т. 22, с. 3208).

фильтрации лучей. В фокальной плоскости объективной линзы формируется дифракционная картина объекта. Электроны, рассеянные кристаллом, собираются в дискретные пучки. Если их задержать с помощью соответствующей диафрагмы, то конечное изображение будет сформировано только лучами, рассеянными нерегулярным атомом. В результате изображение отдельного атома может быть «отфильтровано» от изображения атомов кристаллической решетки. Таким образом можно получать изображения примесных межузельных атомов, а также отдельных точечных дефектов кристалла.

Измерение интенсивности изображений примесных атомов золота в кристалле кремния позволило заключить, что возникновение этих изображений в значительной степени обусловлено электрическим зарядом примесных атомов. Это дало возможность поставить задачу определения знака заряда точечного дефекта в кристалле, что чрезвычайно важно для выяснения природы электрической активности точечных дефектов и примесных атомов в полупроводниках, акцепторного или донорного характера такой активности. Ведь именно эта характеристика лежит в основе создания всех полупроводниковых приборов.

Дело в том, что электронная волна, рассеянная зарядами разных знаков, отличается только фазой. Чтобы определить фазу рассеянной волны, нужно заставить ее интерферировать с волной, фаза которой известна. Это можно осуществить при одновременном формировании электронномикроскопического изображения лучами фона (обусловленным рассеянием на дефекте) и лучами некоторых выбранных дифракционных рефлексов (вызванных рассеянием на атомах регулярной кристаллической решетки). Узлы кристаллической решетки, совпадающие на изображении с донорными центрами — положительно заряженными примесными атомами и точечными дефектами — будут anomalously яркими, а узлы, совпадающие с акцепторными центрами — отрицательно заряженными дефектами — anomalously темными.

Разработанная в Институте кристаллографии им. А. В. Шубникова АН СССР электронномикроскопическая методика наблюдения и идентификации точечных дефектов может оказаться весьма эффективной для оценки качества применяющихся в технике кристаллов.

¹ Рожанский В. Н., Пуш-
каш Б. М., Веледницкая
М. А., Бардж Х.,
Вальковская М. И. —
Физика твердого тела, 1979,
т. 24, с. 1528.

Северная неолитическая скульптура

С. В. Ошибкина



Светлана Викторовна Ошибкина, кандидат исторических наук, младший научный сотрудник Института археологии АН СССР. Занимается археологией каменного века. В «Природе» была опубликована статья: К истории заселения Европейского Севера (1979, № 1).

Первобытное искусство лесного Севера Европейской части СССР давно привлекает внимание исследователей. Особую известность приобрели наскальные рисунки Карелии и Беломорья, которые неоднократно репродуцировались в специальной и популярной литературе. Однако эта территория богата и мелкой пластикой, объемными изображениями из глины, кости, дерева, кремня, гораздо менее изученными, хотя этот вид древнего искусства вместе с рисунками на керамике и петроглифами позволяет более полно представить художественное творчество древних мастеров.

Особую группу древней скульптуры составляют кремневые фигурки, или — иначе — фигурные кремни. Первые такие изображения (птицы и рыбы) были обнаружены еще в прошлом веке на Волосовской стоянке на Оке, затем и в ряде других неолитических стоянок. К сожалению, все они представляли собой случайные находки, поэтому мнения ученых по поводу этих вещей не были едиными. Например, видный французский археолог Г. де Мортилье скептически отнесся к фигурным кремням Русской равнины и объявил их подделкой. Но со временем число их все более увеличивалось, и ни для кого не осталось секретом, что они пред-

ставляют собой особый вид древнего искусства.

Особенностью кремневой скульптуры можно считать ее схематизм, своеобразную условность изображения, которая в значительной мере зависела от свойств самого материала. Кремень — твердый и хрупкий камень, он труден в обработке и совершенно не пластичен. Поэтому неудивительно, что фигурки из него лишь в контуре сходны с оригиналом. Однако древние художники, стесненные этими рамками, сумели все же подчеркнуть характерные особенности изображаемой природы.

Самые ранние образцы кремневой скульптуры, по всей вероятности, происходят со стоянки Студенец эпохи позднего мезолита (VI—V тысячелетия до н. э.), расположенной в бассейне р. Вятки и открытой в 1973 г. (до сих пор на раскопках памятников этого времени они не встречались, хотя в мезолите и известна костяная скульптура). Две фигурки, изображающие рыб, были сделаны из ножевидных пластин в технике, характерной для эпохи мезолита: края изделий оформлены тонкой ретушью, боковые выемки могли служить для привязывания. Особенно выразительна фигурка рыбы большего размера с тонким приподнятым хвостом, размером около 28 мм.



Рыбы со стоянки Студеная. Кремень. Длина 28 мм и 19 мм.

Кабан со стоянки Юртик. Кремень. Длина 25 мм.

Голова лоса из Модлоны. Кость. Высота 77 мм, длина 77 мм.

Медведь со стоянки Попово. Кость. Длина 24 мм.

Позже, в эпоху неолита (III тысячелетие до н. э.), изображения рыб становятся более детализированными. Одно из них со стоянки Селище у оз. Вожь напоминает осетровую рыбу: с острым носом, плавниками и тщательно обработанным ретушью широким хвостом. В позднем

неолите кремневая скульптура — в отличие от ранних периодов — получает особенно широкое распространение. Кроме рыб, появляются изображения птиц, змей, животных, символические знаки в виде лунниц или перевернутых птичек; нередко также антропоморфные изображения. Широкую известность получили прекрасные кремневые скульптуры Беломорья начала эпохи бронзы, особенно со стоянки Зимняя Золотица. Здесь еще в конце прошлого века на развееанных дюнах начали собирать различные древние предметы, а затем производить небольшие раскопки. Среди многих вещей были найдены и фигурки песка, лоса, собаки или волка, нерпы. Часть их еще до Октябрьской революции была вывезена в Швецию, осталь-

ные хранятся в Историческом музее в Москве. На стоянке Усть-Ярэнга найден кремневый медведь.

Несколько фигурок было извлечено из озерных неолитических стоянок восточнее Онежского озера. Среди них — изображения людей и птиц. Особый интерес представляет скульптура из свайного поселения Модлона, которая изображает плывущую птицу с высокой шеей и поднятым на спине выступом. Она напоминает рисунки на глиняной посуде, выполненные гребенчатым штампом с двумя или одной черточками на спине. Некоторые археологи считают, что таким образом обозначались поднятые крылья. Но у кремневой фигурки выступ на спине мог быть просто «ушком» для привязывания, если изделие носили как подвеску.

Около села Ферапонтово случайно было найдено антропоморфное изображение с намеченными конечностями и подчеркнуто выпуклым туловищем, что делает его похожим на подобные же наскальные изображения у Онежского озера.

Недавно, при раскопках поселения Юртик на р. Вятке, археологи обнаружили скульптурку кабана из светлого кремня — блестящий образец первобытного искусства. Несмотря на малые размеры изделия (около 25 мм длины), древнему художнику удалось передать особенности фигуры этого животного, его характерно поднятую холку, выпуклый лоб, длинное рыло, даже маленький хвостик. Судя по пропорциям — это дикий кабан, а не домашняя свинья.

Поселение Юртик относится ко времени перехода от неолита к бронзовому веку. Оно датировано радиоуглеродным методом XIX—XVI вв. до н. э. В то время население лесной полосы еще не занималось разведением домашних животных, хозяйство было основано на охоте и рыболовстве. Поэтому можно предположить, что изделие было связано с охотничьей магией, хотя это всего лишь предположение, ибо на всей территории — от Волги до Прибалтики — кабан не играл в ту эпоху сколько-нибудь существенной роли в охотничьем промысле и среди остеологических остатков его кости встречаются исключительно редко.

В отличие от кремневой, костяная скульптура имела, по-видимому, гораздо более широкое распространение и была многообразнее. Но, к сожалению, кость далеко не всегда сохраняется в культурном слое неолитических поселений. Чаще всего изделия из кости, дерева и дру-

гих органических материалов сохраняются лишь в торфяниках. Однако стоянки на них чрезвычайно редки, а раскопки связаны с большими трудностями. Среди дошедших до нас образцов древней костяной скульптуры наиболее распространенным является изображение лося. Оно встречается в лесной зоне Евразии среди наскальных рисунков и в круглой скульптуре. Особую группу составляют изображения этих животных из Прибалтики, Северо-Запада СССР и прилегающих районов Финляндии: здесь часто вырезалась не цельная фигура, а лишь голова лося. Самая древняя из них (VI тысячелетие до н. э.) найдена в Финляндии, в торфянике на р. Рованиеми. Подобные головы могли, по-видимому, служить навершиями жезлов или других символов власти, поэтому снизу они заострялись, чтобы их удобнее было насадить на палку (от этого они становились похожими на букву «г», отчего их иногда называют Г-образными). Древнейшим образцом такого рода является роговое скульптурное изображение головы лося из Оленеостровского могильника на Онежском озере. Этот могильник, по мнению многих ученых, относится к эпохе мезолита. В 1975 г. была найдена к востоку от Онежского озера еще одна костяная лосиная голова Г-образной формы. Этот экземпляр происходит из упоминавшейся выше стоянки Модлона и относится уже к неолитическому времени. Особенностью скульптуры является трехлучевой знак, который нанесен под нижней челюстью с обеих сторон. Смысл символа остается неясным, можно только предположить, что это соллярный (солнечный) знак.

Возникает естественный вопрос о причине такой популярности лося в древнем искусстве. Многие исследователи полагают, что в глубокой древности это животное имело важное значение не только как объект охоты. С ним были связаны также верования людей каменного века, их тотемистические или космогонические представления. В этом отношении ныне представляют особый интерес находки, сделанные М. Е. Фосс при раскопках стоянки Кубенино близ Каргополя еще в 1930 г. На стоянке было обнаружено 4 погребения неолитического времени, где все погребенные лежали лицом вниз. В одном из них была найдена костяная антропоморфная фигурка, которая лежала тоже вниз лицом, повторяя позу умерших людей. Лицо скульптуры моделировано в самых общих чертах, туловище рас-

ширено, без верхних конечностей, одна нога утеряна. Но сохранившаяся нога завершена копытом. Если учесть, что на этой же стоянке найдено еще одно костяное изображение ноги с копытом, то вполне вероятно, что перед нами тотемный знак, связанный с культом лесного копытного животного, скорее всего лося, который играл важную роль в погребальном обряде, возможно, связанную с представлением людей о смерти и загробной жизни.

Костяные скульптуры других животных встречаются редко. Последняя из них была обнаружена летом 1978 г. во время раскопок одной из стоянок, расположенных на юго-восточном берегу оз. Лача. Кроме обычной керамики с ямочно-гребенчатым орнаментом, здесь найдено крупное орудие из рога и костяная подвеска, изображающая медведя. Хорошо моделирована морда животного, выделены уши, мелкими срезами оформлена круглая спина, а вместо задних лап — петля для подвешивания. Размеры фигурки небольшие — около 24 мм. Этот образец костяной скульптуры интересен тем, что изображения медведя более характерны для сибирских памятников, а в Европе периода неолита их почти не было. Позже, в эпоху бронзы, здесь появляются редкие экземпляры сверленных каменных орудий с художественным оформлением обуха, среди них есть и стилизованные изображения медведя.

На неолитических стоянках встречаются также многочисленные и разнообразные поделки из дерева, но деревянная скульптура — очень редка. Скорее всего она просто не сохранилась. В свое время на стоянке Модлона была найдена фигура в виде собачьей головы, которая, судя по всему, служила ручкой ковша. Древний резчик с большим вкусом подобрал древесину, которая как бы передает шерсть на шее животного, наметил глаза и висячие уши. Известно, что древесина, как и береста, широко использовалась для изготовления бытовых предметов, которые часто украшались резьбой. На стоянках Прибалтики и Урала найдены ковши с ручками, изображающими птичьими и звериными головами. Но головка собаки — единственная. О том, что собака играла в эпоху неолита важную роль в хозяйственной жизни населения Севера, можно судить по находкам костей этого животного в культурном слое некоторых стоянок. По мнению специалистов, здесь использовали собаку евро-

пейского типа, сравнительно небольшого размера, по массивности костей близкую к *canis inostranzevi*.

Еще одну группу древней скульптуры составляют глиняные фигурки, которые распространены в основном в северо-западных районах лесной зоны и гораздо реже встречаются на Урале. Среди них есть птицы, животные, которых иногда считают похожими на медведя. На одной из финских стоянок найдено изображение бобра.

Наибольший интерес представляют фигурки в согнутой позе, у которых не выделены конечности, а над головой нависает своеобразный козырек. У них обычно резко выделяется нос и ямки показаны глаза; на спине некоторых из них намечен гребешок или холка. Археологи их называют «фигурками в согнутой позе» или «эмбрионовидными». Такая скульптура встречается на неолитических стоянках нашего Севера, в Эстонии и Финляндии. За пределами этой территории известна только одна фигурка из стоянки Большой Ларьяк III в Приобье.

Понять назначение глиняных фигурок довольно трудно. Предполагают, что «эмбрионовидные» фигурки из глины могли служить оберегом дома или домашнего очага. Основанием для такого предположения послужили находки на стоянке Кубенино, где подобная фигурка лежала на полу жилища. В жилище была обнаружена и фигурка со стоянки Большой Ларьяк III.

Наши представления об искусстве, и в частности о мелкой пластике, неолитического времени на Севере Европейской части СССР имеют отрывочный характер. Фактический материал еще невелик, происходит лишь постепенное его накопление. Поэтому каждая новая находка представляет большой интерес. Самым сложным остается интерпретация этого материала, понимание его роли в жизни древнего населения. Многие исследователи связывают древнюю скульптуру, каменные лабиринты и наскальные рисунки с охотничьей магией, считая, что они имели в основном хозяйственное назначение. Но это не исключает главного: все они являются памятниками искусства, отражающими духовную жизнь первобытного общества.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Мошинская В. И. ДРЕВНЕЙШАЯ СКУЛЬПТУРА УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. М., 1976.



КРАСНАЯ КНИГА



Руинная агама

Н. Б. Ананьева,
кандидат биологических наук
Зоологический институт АН СССР
Ленинград

По изнурительности июльского зноя южные районы Азербайджана похожи на пустыни Средней Азии. Особенно жарко в сухих раскаленных галечных руслах левобережных притоков р. Аракса. В этой пустынной местности в дневные часы не встретишь многочисленных в утреннее и вечернее время небольших подвижных ящериц — стройных змееголовок и ящурок, прячутся в укрытиях и змеи, скрываются в норах средиземноморские черепахи. Зато руинные агамы, объект наших специальных поисков в этих местах, в самую жару лишь перебираются в негустую тень кустиков, скрашивающих этот мертвый пейзаж. Иногда же они спокойно лежат на раскаленной глинистой почве под обрывами берегового русла.

Руинная агама (*Agama guderata*) — одна из наиболее редких и удивительных ящериц фауны СССР. Она относится к обширному (около 300 видов) семейству агамовых ящериц, живших еще в верхнем мелу, т. е. примерно 70 млн лет назад. Внешний вид и образ жизни агамовых ящериц, как и других игуаноморфных (игуан), чрезвычайно разнообразен. На их теле, порой самой невероятной формы, имеются чудовищные шипы, гребни и «бороды»; столь же необычна и окраска многих тропических видов, яркая с замысловатым рисунком, маскирующим ящерицу в цветном хаосе буйной тропической растительности. Поразительно разнообразны и размеры этих рептилий — от «крошек» в несколько сантиметров длиной до полутораметровых драконоподобных гигантов.

Современные агамы и игуаны освоили практически все



Взрослые руинные агамы.

Молодые руинные агамы.

биотопы в различных ландшафтах тропических и субтропических районов земного шара и в южной части умеренной зоны. Агамы заселили великие пусты-

ни Африки и Азии, стены горных ущелий, кроны дождевых лесов, безжизненные плато Центральной Австралии; игуаны многочисленны в лесах и пустынях Америки, на о-вах Вест-Индии. Три рода игуан распространены на о-вах Фиджи, Мадагаскаре и Тонга. На Галапагосских о-вах они приспособились даже добывать пищу на значительных морских глубинах.

Не знают себе равных отдельные виды игуаноморфных рептилий в приспособленности к жизни в экстремальных для всего живого аридных условиях.

По последним данным, на территории нашей страны представлены три рода агамовых ящериц (*Agama*, *Stellio*, *Phrynoscephalus*), в систематике которых до сих пор остается много неясного. Слабо изучена пока и экология некоторых видов, и особенно малочисленной у нас руинной агамы.

Эта своеобразная ящерица похожа одновременно и на круглоголовку и на агам. С агамами ее объединяет ряд важных морфологических признаков, в частности строение барабанной перепонки и особенности расположения и формы щитков на голове и туловище. Однако те, кому посчастливилось увидеть эту редкую ящерицу в природе, не могут не удивиться сходству ее поведения и внешнего вида с круглоголовками¹.

Руинная агама — относительно небольшая (длиной не более 65 мм) неброского вида ящерица с приплюснутым жабообразным туловищем, короткой и высокой головой. По пропорциям черепа она отличается от других агам и напоминает круглоголовку. Окраска тела покровительственная, серо-голубая с желтоватым или красновато-желтым оттенком. Затаявшаяся в тени кустарников — курчавки или астрагала — или прямо на мелкой гальке, выстилающей дно высохших русел, руинная агама совершенно незаметна, и только так она скрывается от хищников. Как и другие агамы, руинная ведет дневной образ жизни и активна практически все светлое время суток.

В нашей стране руинная агама встречается только в южных районах Азербайджана: в руслах левобережных притоков в долине р. Аракса (Джебраилский и Зангеланский районы), а также в Лерикском районе в пустынном нагорье Зуванд. Будучи вообще немногочисленной в своих ареалах, в долине Аракса агама все же

встречается чаще, чем в нагорье Зуванд². По мнению Н. Н. Дроздова, это связано с более благоприятными в долине Аракса климатическими условиями. Эта популяция представляет собой естественный изолят на северной границе ареала вида. За пределами нашей страны руинная агама распространена в юго-западной Азии от Сирии, Турции, Иордании и севера Аравийского п-ова и Ирака до Ирана, Афганистана и Пакистана.

В июле 1979 г. мы специально отправились в Джебраилский район Азербайджана, где руинная агама наиболее многочисленна. Нам удалось наблюдать в этих местах всего 4 взрослых экземпляра (3 самцов и 1 самку) и 11 молодых агам, недавно вышедших из яиц. Эти ящерицы откладывают яйца размером $(14-17) \times (8-10)$ мм в конце апреля — начале мая³, а в конце июня — июле из них появляются крошечные молодые агамы. Возможно, за сезон агамы откладывают яйца дважды.

Мы встречали руинных агам исключительно в сухих руслах рек, причем 2 взрослых агам мы обнаружили в самое жаркое время дня (12 и 14 ч), когда температура воздуха поднялась до $40-42^\circ\text{C}$. Ящерицы лежали в тени укрытий на земле, нагретой до 47°C . Эта чрезвычайно теплолюбивая ящерица, как свидетельствуют наблюдения всех, кто видел ее в природе, селится только в полынной полупустыне на участках с мелкой галькой и щебнем. Способность к жизни в строго определенных условиях характерна для рептилий на периферии их ареала, а южные районы Азербайджана как раз и являются северной границей распространения руинной агамы.

Сейчас ареал этой ящерицы постепенно сокращается, поскольку многие районы осваиваются под сельскохозяйственные культуры, а сухие русла часто используются как дороги для грузового транспорта. Естественно, что на таких территориях руинная агама исчезает.

Существует и еще более серьезная опасность. В долине Аракса планируется строительство водохранилища, и на территории Джебраилского и Зангеланского районов будут затоплены тысячи гектаров. Поскольку именно там обитает руинная агама, судьба этой сухолюбивой ящерицы находится под угрозой: значительные климатические изменения окажутся губительными для нее, не говоря уже о том, что некоторые участки ее ареала будут просто затоплены.

Пока не поздно, мы должны сделать все, чтобы сохранить руинную агаму, которая в 1978 г. включена в «Красную книгу СССР» как редкий и исчезающий вид. Есть разные способы для этого, и некоторые из способов уже практикуются. Так, ашхабадские зоологи переселили пятнистую круглоголовку из тех мест, которые должны быть освоены, в подходящие по экологическим условиям районы, не затронутые деятельностью человека. Сейчас назрела необходимость повторить этот опыт в Азербайджане. Было бы целесообразно картировать ареал руинной агамы в долине Аракса, выбрать наиболее подходящие для этой ящерицы участки и переселить ее туда. В таких резерватах, которые необходимо строго охранять, можно будет снять угрозу окончательного исчезновения руинной агамы. Кроме того, тщательно изучая ее популяцию в резервате, можно выяснить некоторые спорные вопросы ее экологии.

Наряду с охраной в природных условиях, действенным может быть и искусственное разведение руинной агамы в террариумно-лабораторных условиях с последующей реинтродукцией животных в природные ландшафты. Автором этих строк совместно с Н. Л. Орловым уже разработаны условия содержания ее в неволе.

¹ Соколовский В. В. — Экология, 1976, № 5 с. 102.

² Дроздов Н. Н. Редкое животное — руинная агама. — Природа, 1966, № 8, с. 123; Алекперов А. М., Джафарова С. К. Руинная агама: необходимо внимание. — Уч. зап. Азерб. гос. ун-та, 1978, № 4, с. 5.

³ Банников А. Г., Даревский И. С., Ищенко В. Г., Рустамов А. К., Щербак Н. Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М., 1977.

Когерентная кристаллизация и кристаллизационные волны

А. Я. Паршин



Александр Яковлевич Паршин, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института физических проблем АН СССР. Научные интересы сосредоточены в области физики низких температур и физики твердого тела.

Физики, изучающие свойства кристаллов, в последние годы все больше внимания уделяют процессам, происходящим на их поверхности. Такая тенденция вполне закономерна — ведь всякий кристалл растет с поверхности, а для глубокого понимания внутренних свойств кристалла необходимо, в частности, хорошо знать его «биографию». Кроме того, физика поверхности и сама по себе чрезвычайно увлекательная область исследований, таящая много непривычного и неожиданного.

Об одном таком, с обычной точки зрения очень непривычном явлении, а точнее сказать, целой группе явлений, обнаруженных совсем недавно, и пойдет речь в этой статье. Эти явления обусловлены существованием нового, специфически квантового состояния поверхности кристаллов гелия. Механизмы роста и плавления кристаллов с такой поверхностью резко отличаются от обычных и обеспечивают возможность сверхбыстрой, практически мгновенной кристаллизации в условиях, близких к равновесию. Читатель познакомится с новым типом поверхностных волн и с необычным характером движения кристаллов гелия в поле тяжести. Чтобы все это не показалось слишком уж таинственным, необходимо сначала хорошо разобраться в том, что же такое

равновесная форма кристалла, как может быть устроена его поверхность и почему обычные кристаллы растут медленно. С этого мы и начнем.

МОЖНО ЛИ НАБЛЮДАТЬ КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ?

Способность сохранять определенную форму — наиболее очевидное свойство, отличающее твердое тело от жидкости. Любое изменение взаимного расположения частей, т. е. деформация твердого тела, приводит к увеличению его внутренней энергии. Именно поэтому заметное изменение формы твердого тела путем его деформации требует весьма значительных внешних воздействий. Напротив, внутренняя энергия жидкости вовсе не зависит от взаимного расположения ее частей. Поэтому форма жидкого тела, например капли, может существенно изменяться за счет перетекания даже при ничтожных, по сравнению с внутренней энергией, внешних воздействиях. К таким весьма слабым (для тел не слишком больших размеров) воздействиям следует отнести, например, поле тяжести. По той же причине жидкое тело, предоставленное самому себе, всегда принимает равновесную форму, т. е. такую форму, при

которой его поверхностная энергия¹ минимальна. Если же тем или иным способом вывести жидкость из состояния равновесия, то на ее поверхности возникают всем хорошо известные волны — они называются капиллярными, если речь идет, например, о волнах в стакане воды, и гравитационными, если речь идет о морских волнах.

Капиллярные явления (т. е. явления, в которых существенную роль играет поверхностная энергия) могут, в принципе, наблюдаться и в твердых телах, но лишь при наличии эффективного механизма, обеспечивающего изменение формы без изменения внутренней энергии. В отсутствие внутренних макроскопических движений² такой механизм должен быть обусловлен поверхностными процессами. К такого рода процессам следует отнести прежде всего фазовые превращения (в данном случае плавление, испарение и обратные им процессы). Ясно, что равновесная форма кристалла может устанавливаться просто за счет обмена частицами между твердой и, скажем, жидкой фазами, если внешние условия (температура и давление) соответствуют фазовому равновесию. Здесь, однако, имеется следующая трудность. Всякий фазовый переход первого рода, в частности плавление и кристаллизация, всегда сопровождается выделением (или поглощением) так называемой скрытой теплоты фазового превращения. Поэтому, если фазовый переход идет с некоторой конечной скоростью, тепловое равновесие нарушается, причем таким образом, что возникающие градиенты температуры стремятся уменьшить скорость фазового перехода. В результате время установления равновесной формы кристалла оказывается непомерно большим. Более того, при наличии посторонних потоков тепла, даже очень малых, форма кристалла будет определяться распределением температур в объеме, а не поверхностной энергией. Отсюда ясно, насколько трудной в экспе-

риментальном отношении является даже задача получения равновесной формы кристалла, не говоря уже о количественном исследовании капиллярных эффектов в кристаллах.

Кроме температурных эффектов, в конкретных ситуациях могут оказаться существенными диффузия (если речь идет о растворах), вязкость и т. д., короче говоря, любые диссипативные процессы. Можно сказать, что именно полная диссипация энергии, сопровождающая фазовый переход, определяет время установления равновесной формы кристалла. При этом особую роль играет еще один механизм диссипации, обусловленный процессами, происходящими непосредственно на границе между фазами.

Для понимания этого механизма следует иметь в виду, что граница раздела двух фаз всегда представляет собой некоторый потенциальный барьер, или, проще говоря, полупроницаемую перегородку, сквозь которую частицы вещества могут проникать — как бы диффундировать. Проницаемость перегородки зависит, разумеется, от микроскопической структуры межфазной поверхности. Поток вещества через такую перегородку всегда сопровождается некоторой диссипацией энергии, величина которой определяется соответствующим коэффициентом диффузии, или, как принято говорить при описании роста кристаллов, кинетическим коэффициентом роста.

Поверхностная диссипация энергии во многих случаях является основным фактором, лимитирующим скорость роста кристаллов. В частности, при достаточно низких температурах обычные кристаллы растут чрезвычайно медленно именно потому, что кинетический коэффициент роста для них близок к нулю. Дело в том, что, согласно классическим представлениям, при низких температурах поверхность любого кристалла в равновесии должна быть идеально плоской (атомно-гладкой). На такой плоскости могут существовать различные дефекты — адсорбированные атомы и поверхностные вакансии, ступени и изломы на ступенях и т. д. Число таких дефектов у поверхности, находящейся в термодинамическом равновесии, при понижении температуры быстро стремится к нулю. При этом рост кристалла может происходить лишь путем образования двумерных зародышей новых атомных слоев. Такой процесс связан с преодолением огромных потенциальных барьеров (перегородок с очень малой проницае-

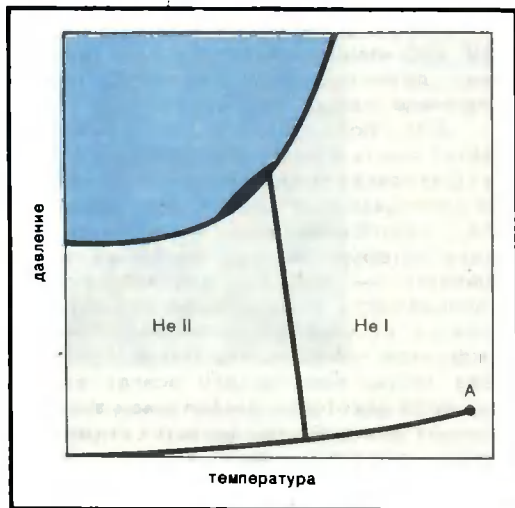
¹ Поверхностная энергия — часть полной энергии тела, зависящая от свойств его поверхности (и пропорциональная площади поверхности). Поверхностная энергия весьма мала по сравнению с внутренней (объемной) энергией и потому может играть существенную роль лишь в тех процессах, в которых внутренняя энергия остается неизменной.

² В природе существуют вещества, с обычной точки зрения твердые, но способные тем не менее к очень медленному перетеканию (к ним относятся, например, некоторые аморфные вещества). Это свойство не позволяет считать эти вещества твердыми в полном смысле этого слова; их рассматривают обычно как «очень вязкие жидкости».

мостью), и поэтому кинетический коэффициент роста в этом случае практически равен нулю. Оказывается, однако, что из этого правила есть исключение — кристаллы гелия.

ЧЕМ ГЕЛИЙ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ВСЕХ ОСТАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ?

Гелий — второй элемент таблицы Менделеева — во многих отношениях вещество совершенно уникальное. Прежде всего, в отличие от всех других веществ,



Фазовая диаграмма гелия в области низких температур. А — критическая точка жидкость — пар, He II — сверхтекучий жидкий гелий; закрашенная область соответствует кристаллической фазе (гексагональной с плотной упаковкой), зачерненная — кристаллической фазе (объемноцентрированной кубической). Обратим внимание на отсутствие тройной точки кристалл — жидкость — пар.

он может оставаться в жидком состоянии вплоть до абсолютного нуля температуры и кристаллизуется лишь при достаточно высоком давлении (около 25 атм). Далее, жидкий гелий при определенных температурах (ниже так называемой λ -точки) обладает необычным свойством — сверхтекучестью, т. е. способностью протекать сквозь узкие каналы совершенно без трения. Кристаллический гелий уникален необычным характером движения в нем точечных дефектов, таких как вакансии и примеси: при низких температурах вместо обычной диффузии точечных дефектов происходит, как говорят, их делокализация — точечные дефекты превращаются,

по существу, в свободно движущиеся частицы.

Все эти свойства гелия обусловлены, в конечном счете, одной и той же физической причиной, которая кроется в квантовой природе вещества. Дело в том, что представление об абсолютном нуле температуры как о состоянии абсолютного покоя и порядка есть чисто классическое представление, основанное на пренебрежении квантовыми эффектами. Классический кристалл идеальным образом воплощает в себе это представление. Однако, согласно основным принципам квантовой механики, полный покой в обычном понимании вообще невозможен. В действительности атомы любого вещества находятся в непрерывном движении даже при абсолютном нуле, испытывая в этом случае, как принято говорить, «нулевые колебания». Они не являются, однако, колебаниями в обычном смысле. Так, в кристалле нулевые колебания приводят лишь к некоторому эффективному «размазыванию» каждого атома около его положения равновесия без какого-либо нарушения строгого кристаллографического порядка.

В обычных веществах «амплитуда» нулевых колебаний мала по сравнению с межатомным расстоянием, и они не могут стать причиной каких-либо качественно новых явлений. Если же амплитуда нулевых колебаний достаточно велика (порядка межатомного расстояния), то кристаллизация может не наступить ни при каких температурах — вещество останется в жидком состоянии вплоть до абсолютного нуля. Именно такова ситуация в случае гелия. Можно сказать, что нулевые колебания препятствуют образованию твердой фазы. В этом смысле их действие аналогично действию обычных тепловых колебаний.

Разумеется, это не означает, что жидкий гелий при температурах вблизи абсолютного нуля ничем не отличается от обычных жидкостей. Дело в том, что обычная жидкость представляет собой, с микроскопической точки зрения, сильно неупорядоченную среду — взаимное расположение и движение составляющих ее частиц носит случайный характер. Однако при абсолютном нуле в полном равновесии любое вещество должно быть полностью упорядоченным, в каком бы состоянии оно ни находилось — в жидком, твердом или газообразном. Жидкий гелий при абсолютном нуле тоже находится в полностью упорядоченном состоянии (квантовая жидкость), но структура этого поряд-

ка резко отличается от кристаллического порядка, характеризующегося строго периодическим расположением частиц в пространстве. В квантовой жидкости каждая частица полностью делокализована, т. е. «размазана» по всему объему; движение такой жидкости представляет собой коллективный процесс, в котором обязательно участвуют все частицы жидкости, причем этот процесс строжайшим образом внутренне согласован, так что какой бы то ни был элемент случайности полностью исключается. Такие процессы по аналогии с оптикой называются когерентными; их существенная особенность — отсутствие диссипации энергии. В случае жидкого гелия это приводит к уже упомянутому свойству сверхтекучести, которое сохраняется при всех давлениях вплоть до затвердевания и при всех температурах от абсолютного нуля до λ -точки (от 2,19 К до 1,77 К в зависимости от давления).

Таким образом, кроме обычного, кристаллического типа упорядочения вещества, при температурах вблизи абсолютного нуля возможен еще один тип упорядочения — по типу квантовой жидкости.

Что же касается кристаллов гелия, то, из-за совершенно необычного характера движения в них точечных дефектов, такие кристаллы следует отнести к особому классу твердых тел — к так называемым квантовым кристаллам.

ЧТО ТАКОЕ КОГЕРЕНТНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ?

Теперь мы вновь займемся обсуждением поверхностных явлений, но на этот раз нас будут интересовать свойства поверхности квантового кристалла, находящегося в равновесии с квантовой жидкостью. Предварительно заметим, что обычные кристаллы, кроме атомно-гладких, могут иметь еще так называемые атомно-шероховатые поверхности. Эти два типа поверхностей легко различаются по внешнему виду, т. е. по своим макроскопическим свойствам. А именно, кристалл с атомно-гладкой поверхностью имеет характерную естественную огранку — его поверхность состоит из плоских участков, определенным образом ориентированных относительно кристаллографических осей. На атомно-шероховатой поверхности плоские участки вообще отсутствуют, и в равновесии такой кристалл имеет форму капли.

С микроскопической точки зрения атомно-шероховатое состояние характе-

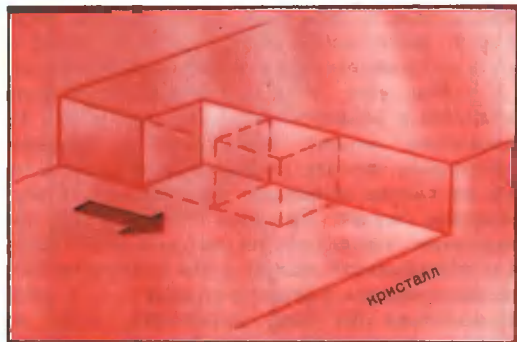
ризуется высокой концентрацией разного рода поверхностных дефектов и осуществляется обычно при достаточно высоких температурах. Поскольку, благодаря тепловым флуктуациям, дефекты могут перемещаться по поверхности, объединяться друг с другом и т. д., то можно сказать, что атомно-шероховатая поверхность представляет собой своеобразную двумерную жидкость, «частицами» которой как раз и являются все эти дефекты, в то время как атомно-гладкая поверхность представляет собой двумерный кристалл. При понижении температуры наша двумерная жидкость, как и обычные трехмерные жидкости, рано или поздно должна замерзнуть — превратиться в двумерный кристалл.

Мы уже знаем, однако, что если квантовые эффекты достаточно сильны, то вещество может оставаться в жидком состоянии вплоть до абсолютного нуля. То же самое, очевидно, возможно и в двумерном случае. Другими словами, при понижении температуры атомно-шероховатая поверхность может либо «замерзнуть», превратившись в атомно-гладкую, т. е. упорядочиться по типу кристалла, либо за счет полной делокализации дефектов поверхности упорядочиться по типу квантовой жидкости. Состояние поверхности в этом последнем случае естественно называть квантово-шероховатым.

Квантово-шероховатая поверхность обладает всеми свойствами, характерными для квантовой жидкости, и в частности свойством, аналогичным сверхтекучести. В самом деле, движение «частиц», образующих квантово-шероховатую поверхность, при абсолютном нуле должно быть строго упорядоченным, т. е. когерентным, и не сопровождаться какой-либо диссипацией энергии. Другими словами, течение такой двумерной жидкости не требует для своего поддержания каких-либо внешних воздействий, в точности так же, как течение сверхтекучего гелия.

Может показаться, что течение нашей двумерной квантовой жидкости не приводит ни к каким наблюдаемым последствиям, поскольку, казалось бы, речь идет о движении поверхности «вдоль самой себя». В действительности, однако, это не так. Дело в том, что движение некоторых видов поверхностных дефектов, например ступеней и изломов на ступенях, обязательно сопровождается переходом вещества из одной фазы в другую, т. е. плавлением или кристаллизацией. Как мы только что видели, для квантово-шероховатой поверхности такие движения могут

происходить без какой-либо диссипации энергии. В этом смысле движение поверхностных дефектов (например, излома) аналогично движению точечных дефектов в квантовых кристаллах: в обоих случаях дефект движется, как свободная частица, т. е. обладает определенной энергией и импульсом. Таким образом, рост и плавление кристалла с квантово-шероховатой поверхностью могут происходить при абсолютном нуле строго бездиссипативно, при этом фазовое равновесие не нарушается. Другими словами, кинетический коэффи-



циент с изломом на поверхности кристалла. Смещение излома на одно межатомное расстояние в направлении, указанном стрелкой, означает переход одного атома из жидкой фазы в твердую. Таким образом, непрерывное движение излома вдоль ступени означает непрерывный переход вещества из одной фазы в другую.

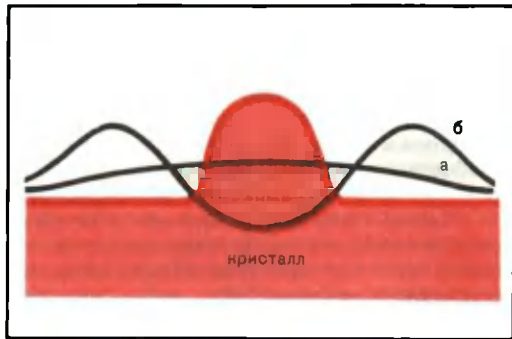
циент роста при абсолютном нуле обращается в бесконечность.

До сих пор мы интересовались только процессами, происходящими непосредственно на поверхности кристалла. Существование, однако, что при росте кристаллов гелия при абсолютном нуле полностью отсутствуют также и диссипативные процессы в объеме (скрытая теплота плавления равна нулю, нет вязких потерь при сверхтекучем движении). В то же время при температурах, близких к абсолютному нулю, кристаллизация гелия уже сопровождается некоторой конечной диссипацией энергии. Эта диссипация, однако, чрезвычайно мала, что позволяет во многих практически интересных случаях пренебрегать ею.

ЧТО ТАКОЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ?

Отсутствие диссипации энергии при кристаллизации и плавлении гелия обеспе-

чивает возможность существования нового типа колебаний поверхности кристалла — кристаллизационных волн³. Чтобы понять механизм их возникновения, посмотрим сначала, что произойдет, если поверхность обычного, классического, кристалла выведена из состояния равновесия. В этом случае система кристалл — жидкость обладает, по сравнению с равновесной ситуацией, некоторой избыточной поверхностной энергией. Поэтому любая неровность поверхности должна «рассасываться» путем кристаллизации и плавления. В кон-



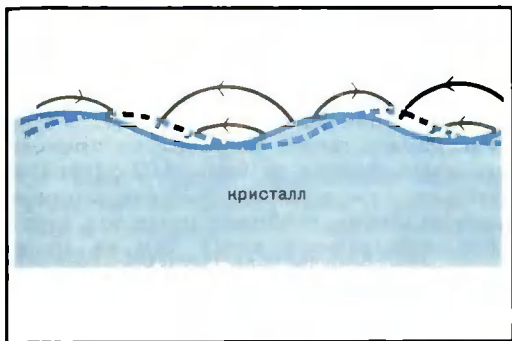
Возможные режимы релаксации и равновесной (плоской) форме: а — аперриодический, б — колебательный. Цветной линией обозначена неравновесная форма поверхности кристалла.

це концов кристалл принимает равновесную форму, а вся избыточная поверхностная энергия за счет диссипативных процессов переходит в тепло.

Иное дело, если диссипативные процессы отсутствуют. В этом случае избыточная поверхностная энергия, играющая роль потенциальной энергии системы, может перейти только в кинетическую энергию движения жидкости (кристалл можно считать неподвижным). Действительно, кристаллизация и плавление всегда сопровождаются движением жидкой фазы (даже если кристалл остается совершенно неподвижным) просто за счет разности плотностей двух фаз. В отсутствие диссипации энергии поверхность не останавливается в положении равновесия, а «по инерции» проскакивает его, в точности так же, как это происходит при любом колебательном процессе.

³ Андреев А. Ф., Паршин А. Я. — ЖЭТФ, 1978, т. 75, с. 1511.

Мы видим, таким образом, что при бездиссипативной кристаллизации любое отклонение формы кристалла от равновесной приводит к возникновению колебаний поверхности. Эти колебания распространяются вдоль поверхности в виде волн, очень похожих на обычные капиллярные волны на поверхности жидкости. Такие волны и называются кристаллизационными, поскольку их существование целиком обусловлено периодической кристаллизацией (и плавлением). Теория, развитая на основе изложенных представлений, позво-



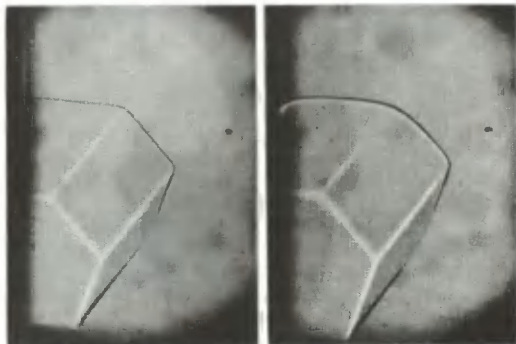
Структура бегущей кристаллизационной волны. Стрелками указано направление движения жидкости.

ляет вычислить как спектр (зависимость частоты от длины волны), так и затухание кристаллизационных волн. С ростом температуры затухание быстро растет, так что в конце концов движение поверхности становится чисто апериодическим, т. е. поверхность кристаллов гелия ведет себя, как поверхность обычных классических кристаллов.

КАК РАСТУТ КРИСТАЛЛЫ ГЕЛИЯ?

Изложенные теоретические соображения, как бы убедительны они ни были, сами по себе, по существу, ничего еще не доказывают, поскольку оставляют в стороне главный вопрос: какое именно из двух возможных состояний — классическое атомно-гладкое или квантово-шероховатое — осуществляется на поверхности реальных кристаллов при температурах, близких к абсолютному нулю. Ответ на этот вопрос могли дать только эксперименты. Такие эксперименты были впервые выполнены в Институте физических проб-

лем АН СССР¹. Оказалось, что в действительности дело обстоит еще интереснее, чем можно было рассчитывать. А именно, оказалось, что при низких температурах поверхность находится либо в одном, либо в другом из двух возможных состояний: это зависит от ее ориентации относительно кристаллографических осей. В этих условиях кристаллы гелия имеют гексагональную плотноупакованную структуру; симметрия расположения атомов в таких кристаллах соответствует симметрии правильной шестиугольной призмы. Так вот,



Растущий кристалл гелия при $T=0,5$ К: слева — полностью ограниченный кристалл (скорость роста ~ 1 мм/с), справа — кристалл с частично сферической поверхностью (скорость роста $\sim 0,01$ мм/с).

поверхности кристаллов гелия, соответствующие основаниям такой призмы, становятся атомно-гладкими при температуре 1,2 К, поверхности, соответствующие боковым граням призмы — при 0,9 К, а на всех остальных поверхностях осуществляется квантово-шероховатое состояние.

Использование специального криостата с оптическими окнами позволило экспериментаторам непосредственно наблюдать и фотографировать все особенности роста и поведения поверхности кристаллов гелия. Кристаллы выращивались в прямоугольном контейнере с размерами $12 \times 15 \times 28$ мм. В процессе роста кристалл всегда имеет более или менее ярко выраженную форму гексагональной призмы, постепенно заполняющей всю нижнюю часть контейнера (кристалл несколько тяжелее жидкости). Огранка выражена тем

¹ Кашишев К. О., Паршин А. Я., Бабкин А. В. — ЖЭТФ, 1981, т. 80, с. 716. См. также: Природа, 1980, № 4, с. 111.



Поверхности кристалла в равновесии: сверху — при произвольной ориентации кристалла, внизу — в случае, когда основание призмы роста ориентировано горизонтально; соответствующий плоский участок поверхности дает яркое пятно в центре мениска («зеркало»).

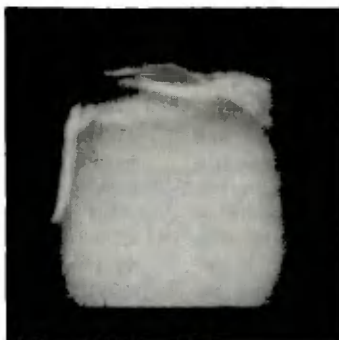
отчетливее, чем ниже температура и чем больше скорость роста кристалла. Особенно эффектно это явление выглядит при самых низких из исследованных температур ($0,3\text{—}0,5\text{ K}$): после прекращения роста верхняя часть поверхности постепенно скругляется, в конце концов приобретает форму выпуклого мениска, но при малейшей попытке возобновить рост такого кристалла мгновенно восстанавливаются абсолютно плоские грани призмы. Этот факт может иметь только одно объяснение: скорость роста кристалла на всех участках его поверхности, за исключением только самих граней призмы, чрезвычайно велика.

Аномально высокие скорости роста кристаллов гелия проявляются еще и следующим любопытным образом. Если остановить рост кристалла в ситуации, когда он «висит» на одной из боковых стенок, и следить за его дальнейшим поведением, то оказывается, что кристалл медленно «переползает» по стенке как бы в поисках наиболее удобного места. В действительности, конечно, кристалл стремится

занять положение, соответствующее минимуму полной энергии, включая поверхностную энергию и потенциальную энергию в поле тяжести. При этом видимое движение кристалла осуществляется исключительно за счет кристаллизации и плавления: кристалл растет с передней, по направлению движения, стороны и плавится с задней, в то время как сама кристаллическая решетка остается совершенно неподвижной. Такое «ползание» обычно кончается следующим образом: в момент, когда передняя грань кристалла касается какой-либо крупной неровности на стенке контейнера, соседней стенке или его дне, происходит внезапный «сброс», т. е. лавинообразная перекристаллизация, в результате которой кристалл заполняет нижнюю часть контейнера. Как показывает анализ кинограммы такого «сброса», он происходит очень быстро, за $0,01\text{—}0,02\text{ с}$ (гораздо быстрее, чем если бы кристалл, оторвавшись от стенки, свободно тонул под действием собственного веса). Тем не менее ориентация граней призмы, а значит и кристаллической решетки, после таких «сбросов» несколько не изменяется. Таким образом, кристаллизация и плавление гелия могут происходить с такой легкостью, что при своем движении кристалл скорее «прорастает» сквозь жидкость, чем расталкивает ее. Такой кристалл, как бы хрупок сам по себе он ни был, невозможно расколоть, например, уронив на пол (если бы это было осуществимо), зато его очень легко разрезать.

КАКОВА РАВНОВЕСНАЯ ФОРМА КРИСТАЛЛОВ ГЕЛИЯ?

В состоянии полного равновесия кристалл заполняет всю нижнюю часть контейнера, а его поверхность образует выпуклый мениск, по внешнему виду в точности такой же, как если бы это была поверхность обычной жидкости, плохо смачивающей стенки. Количественное исследование формы этого мениска позволяет определить поверхностную энергию на границе кристалла с жидкостью — возможность совершенно уникальная (вспомним сказанное в начале статьи о трудностях, связанных с исследованием капиллярных явлений в кристаллах). Особенно большой интерес представляют ситуации, когда одна из «особых» граней, т. е. граней призмы роста, ориентирована достаточно близко к горизонтальной плоскости. В этом случае равновесный мениск содержит идеально плоский участок («зеркало»), окруженный



Поведение поверхности кристаллов гелия под влиянием механических вибраций (кинокадры): слева — до воздействия; в центре — сразу после удара по наружной стенке криостата; справа — через 1—2 с после удара.

со всех сторон скругленной поверхностью, без каких-либо углов и ребер. Плоскость «зеркала» в точности совпадает с соответствующей гранью призмы, что легко установить при возобновлении роста такого кристалла. Таким образом, эти грани как в процессе роста, так и в равновесии ведут себя, как атомно-гладкие поверхности.

Сказанного достаточно, чтобы вообразить себе равновесную форму всего кристалла в условиях, когда отсутствует влияние стенок и поля тяжести. Нужная форма получится, если у правильной шестиугольной призмы сгладить все углы и ребра, оставив нетронутыми центральные участки каждой грани, — форма игральной кости, но только не четырех-, а шестиугольной. Аналогия с игральной костью здесь уместна еще и вот по какой причине. В момент своего зарождения кристалл обычно имеет некоторую произвольную ориентацию по отношению к полю тяжести, причем, как уже говорилось, в процессе дальнейшего роста эта ориентация не изменяется. Чтобы «уложить» кристалл так, чтобы одна из его особых граней располагалась горизонтально, применялся следующий прием. В ситуации, когда зародыш висит на одной из боковых стенок, на эту стенку направлялся снаружи луч света от карманного фонарика. При этом стенка слегка подогревается, кристалл плавится в месте своего соприкосновения со стенкой и падает вниз. В процессе падения, который длится несколько десятых долей секунды, кристалл успевает принять форму, близкую к равновесной, и, как игральная кость, падает на плоское горизонтальное дно контейнера

одной из своих плоских граней (чаще всего это оказывается основание призмы).

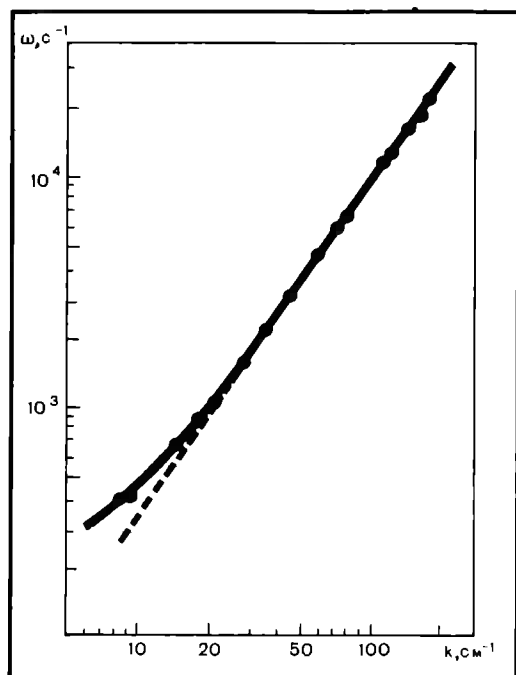
КАК ВЫГЛЯДЯТ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ?

Но наиболее эффектно сверхбыстрая кристаллизация гелия проявляется в существовании кристаллизационных волн. При низких температурах, ниже 0,5—0,6 К, такие волны, воспринимающиеся как дрожание поверхности кристалла, возбуждаются уже под действием небольших собственных вибраций установки. Если же увеличить эти вибрации, например, стукнув по наружной стенке криостата, то можно возбудить целую «бурю». Трудно свыкнуться с мыслью, что вся эта буря целиком обусловлена процессами плавления и кристаллизации, в то время как кристалл в объеме остается совершенно неподвижным и недеформированным. Монокристалличность твердой фазы в результате таких бурь, даже повторенных многократно, нисколько не нарушается: при возобновлении роста такого кристалла вновь мгновенно восстанавлива-



Равновесная форма кристаллов гелия при низких температурах ($< 0,9$ К). При температурах $0,9 \text{ К} < T < 1,2 \text{ К}$ остаются только верхний и нижний плоские участки, а боковая поверхность скруглена; выше 1,2 К кристалл имеет полностью округлую форму.

ются идеально плоские грани призмы. Очень красиво выглядит картина колебаний поверхности в ситуации, когда равновесный мениск содержит плоский участок. В этом случае колеблются лишь скругленные участки поверхности, в то время как плоскость «зеркала» остается совершенно неподвижной и лишь ее граница испытывает колебания, вызванные колебаниями скругленных участков. Аналогичная картина наблюдается также в ситуациях, когда небольшой по размерам кристалл висит на одной из стенок: на верхней скругленной



Спектр кристаллизационных волн для одного из образцов при двух различных температурах (светлые и темные кружки). Сплошная кривая — теоретическая зависимость частоты ω от волнового вектора k . Прямая соответствует зависимости $\omega \sim k^{3/2}$. Отклонение от нее на низких частотах обусловлено влиянием поля тяжести.

части поверхности отчетливо видны колебания, в то время как нижняя часть четко ограничена и остается совершенно неподвижной.

Таким образом, мы видим, что все экспериментальные данные подтверждают существование (точнее доводя, сосуществование) двух типов поверхности кристалла гелия: квантово-шероховатой (сверхподвижной) и атомно-гладкой (практически неподвижной), остающейся идеально плос-

кой. В полном соответствии с изложенными выше теоретическими представлениями находится также и тот факт, что при повышении температуры подвижность квантово-шероховатых поверхностей быстро уменьшается, так что уже выше 0,7—0,8 К движение поверхности становится чисто аperiодическим.

Наконец, отметим, что возбудить кристаллизационную волну можно не только механическим способом, но и при помощи электрического поля. С этой целью на одной из боковых стенок контейнера был смонтирован проволочный конденсатор. При включении электрического поля поверхность кристалла вблизи конденсатора приподнимается, поскольку кристалл, как среда с большей, чем жидкость, диэлектрической проницаемостью, «втягивается» в электрическое поле конденсатора (для заметного эффекта в данном случае требуются, впрочем, весьма большие электрические поля, порядка 10^6 В/см). Поэтому при подаче на конденсатор переменного напряжения возбуждается плоская кристаллизационная волна, распространяющаяся к противоположной стенке контейнера. Длину волны и затухание нетрудно измерить оптическими методами. Измеренные таким способом спектр и затухание кристаллизационных волн оказались в прекрасном согласии с теорией.

ЧТО ЖЕ ДАЛЬШЕ?

Всякий, кто когда-либо пытался вырастить хороший кристалл, знает, что это занятие требует величайшей аккуратности, чистоты, строжайшего контроля всех внешних условий и, главное, времени. Все эти требования представляются совершенно естественными — ведь чем ближе условия роста к полному равновесию, тем меньше всякого рода дефектов «замораживается» в кристалле. Но мы знаем, что именно в этих условиях громадное большинство кристаллов (и среди них наиболее нужные и ценные) растут чрезвычайно медленно.

Где же выход? Можно ли научиться выращивать кристаллы быстро, не жертвуя при этом их качеством?

В случае гелия мы имеем пример того, как большие «прекрасные во всех отношениях» кристаллы могут быть выращены практически сколь угодно быстро. Хочется выразить надежду, что этот пример не останется единственным. Тот же пример с гелием показывает, что для этого необходимы поиски новых, еще неизвестных механизмов кристаллизации.

Туманности вокруг квазаров

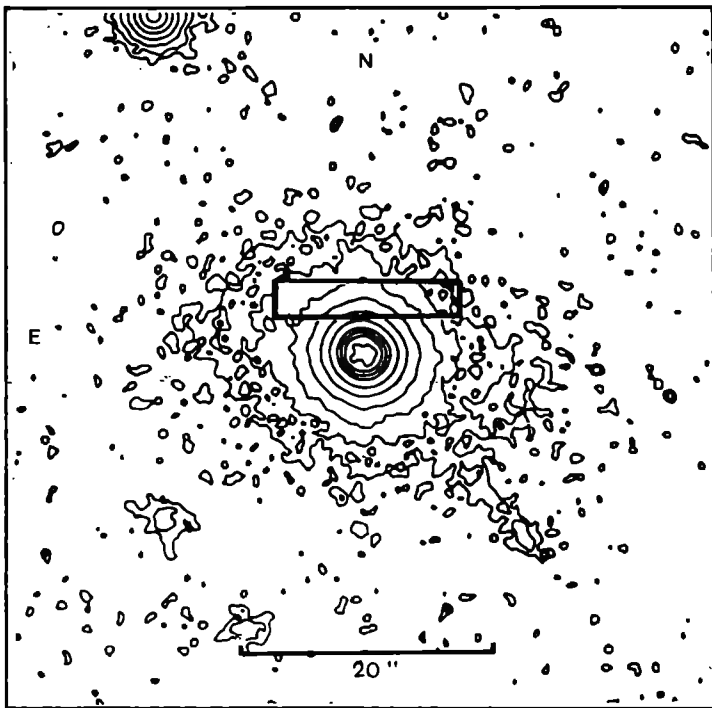
Б. В. Комберг,
кандидат физико-математиче-
ских наук
Институт космических исследований
АН СССР

К настоящему времени установлено, что квазары — это очень активные ядра в далеких звездных системах, которые, скорее всего, не являются обычными галактиками; эти ядра сильно отличаются от активных ядер в таких, например, галактиках, как сейфертовские или даже радио. Правда, отличие носит в основном количественный характер: квазары в десятки и сотни раз мощнее во всех диапазонах длин волн, за исключением, быть может, инфракрасного. С чем связано такое отличие, пока неясно, так как природа активности ядер галактик остается загадкой.

Высказывались различные предположения; например, что квазары являются ранней, наиболее бурной стадией в развитии ядра галактики. Согласно другой точке зрения, они, наоборот, представляют собой конечную стадию эволюции центрального звездного сгущения. Ряд исследователей считает, что в ядрах галактик время от времени, один раз примерно в 100 млн лет, происходят грандиозные взрывы, воспринимаемые нами как феномен квазаров.

Как бы там ни было, но, придя к выводу, что процессы, происходящие в активных ядрах галактик и в квазарах, сходны, астрофизики снова вернулись к более интенсивному изучению этих ядер — ведь ближайшие галактики с активными ядрами расположены от нас на расстояниях в несколько миллионов парсек, а даже ближайшие квазары — в сотни раз дальше.

Исследования близких галактик с активными ядрами выявили ряд их особенностей. В центральных областях гигантских эллиптических галактик, являющихся сильными радиоисточниками, обнаружено довольно много пыли и газа, что



Карта изофот туманности вокруг квазара 3C 273 в диапазоне длин волн 5700—6900 Å; получена при обработке фотографии с 3,6-метрового телескопа Южной европейской обсерватории. Самый крайний контур соответствует 5%-ному уровню поверхностной яркости от фона ночного неба (около 25-й звездной величины с квадратной секунды дуги). Прямоугольником с угловыми размерами $4,5 \times 15''$ отмечена область туманности, для которой удалось получить спектр.

до сих пор считалось не характерным для галактик этого типа. Не совсем обычными оказались и галактики с яркими звездобразными ядрами сейфертовского типа, т. е. с широкими линиями излучения, которые соответствуют скоростям движения газа в них порядка тысяч и даже десятков тысяч километров в секунду. Выяснилось, что сейфертовские галактики — это плоские системы с повышенной концентрацией

яркости к центру и хорошо развитой сфероидальной компонентой. Они часто встречаются в составе пар и небольших групп, но избегают областей, занятых богатыми скоплениями галактик.

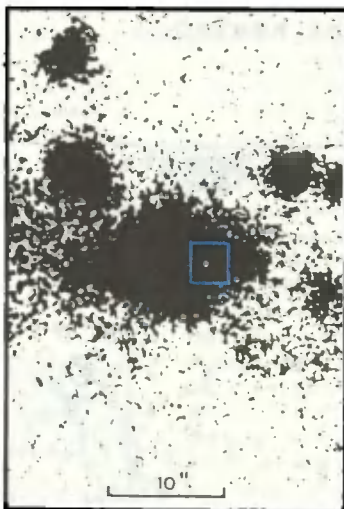
Вопрос об отличии свойств галактик одинаковых морфологических типов, но с разной степенью активности ядер далеко не праздный. От ответа на него зависят выводы о времени существования ядер в активной стадии: если знать, в каком типе галактик могут встречаться те или другие виды активных ядер, то по их доле среди таких галактик можно оценить продолжительность активной фазы.

Из энергетических соотношений времена жизни квазаров ограничивают 10 млн лет — иначе пришлось бы предположить, что массы квазаров превосходят 10^{10} солнечных. Кстати, примерно такое же время жизни получается и из того факта,

что пары квазаров встречаются в 0,1% случаев по сравнению с парами галактик. Так как время жизни галактики около 10^{10} лет, время жизни квазаров должно быть порядка 10^7 лет. Но в системах какого типа могут встречаться квазары? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо исследовать их окрестности и разобраться в природе слабых туманностей, тянущихся на несколько десятков тысяч парсек от квазаров.

Наблюдать такие туманности очень трудно. Во-первых, хотя они и имеют галактические размеры, но на больших расстояниях их угловые размеры не превосходят нескольких секунд дуги. Во-вторых, у этих туманностей слабая поверхностная яркость, не превышающая 23-ю звездную величину на угловую секунду (что в 3 раза меньше, чем поверхностная яркость темного ночного неба). И, в-третьих, не надо забывать самого главного: в центре такой слабой туманности расположен очень яркий объект — ядро, излучение которого зачастую превосходит в десятки раз суммарное излучение всей туманности. Из-за рассеяния в земной атмосфере точечное изображение квазара будет размыто, и крылья этого «кружка рассеяния» засвечивают изображение туманности. Поэтому исследовать протяженные туманности можно лишь у относительно близких и слабых квазаров.

И действительно, вокруг большинства квазаров с красными смещениями $Z < 0,5$ были обнаружены слабосветящиеся протяженные области, которые лучше всего были видны в красных лучах, в то время как в синих они «тонули» в излучении своих ярких ядер. Для некоторых из этих туманностей были получены распределения яркости в одном цвете в зависимости от расстояния до центральных квазаров, а также суммарные светимости в трех стандартных цветах. Была высказана гипотеза, что квазары могут представлять собой ядра в галактиках разных морфологических типов: сильные радиосточники, по-видимому, имеют отношение к гигантским сфероидальным системам, а сла-



Электронграмма квазара 3C 206 и веретенообразной туманности вокруг него, полученная на 2,2-метровом телескопе в Мауна-Ки на Гавайях. Прямоугольником с угловыми размерами $3 \times 3''$ показана область туманности, для которой получен спектр с помощью системы счетчиков фотонов 3,8-метрового Англо-австралийского телескопа.

бые, скорее всего, — к плоским системам. Интересно, что у некоторых квазаров, обладающих сильным радиоизлучением, наблюдаются асимметричные области слабого оптического свечения, причем эти области вытянуты в направлении «радиовыбросов»¹.

Для выяснения природы туманностей вокруг квазаров необходимы их спектральные исследования. К настоящему времени удалось получить спектры отдельных участков туманностей. Потребовались большие экспериментальные усилия, связанные с созданием многоканальных телевизионных сканеров, которые были установлены на больших телескопах и работали в режиме счета отдельных квантов света. Таких приборов в мире всего несколько.

Что же показали исследования туманностей вокруг некоторых близких квазаров, явля-

ющихся сильными радиосточниками? Остановимся на трех из них: 3C 273 (красное смещение $Z=0,16$), 3C 206 ($Z=0,2$) и 3C 48 ($Z=0,37$).

3C 273. Это первый обнаруженный квазар. Из-за исключительной яркости в оптическом диапазоне (его абсолютная звездная величина достигает — 28) очень трудно исследовать его окрестности. На уровне поверхностной яркости 25-й звездной величины на квадратную секунду дуги туманность вокруг него имеет размеры около $20''$ (при расстоянии до квазара порядка 700 млн парсек это составляет примерно 70 тыс. парсек). На карте изофот этой туманности виден узкий выброс, тянущийся от квазара почти на $20''$. Абсолютная звездная величина туманности в красных лучах равняется — 25. Удалось получить спектр этой туманности в области 17×53 тыс. парсек. В нем видны довольно слабые и узкие линии однократно ионизованного кислорода и дважды ионизованного азота с тем же примерно красным смещением, что и в самом квазаре. Это свидетельствует о присутствии на далекой периферии системы вокруг квазара возбужденного разреженного газа, обогащенного тяжелыми элементами, характерными и для центральных областей активных ядер². Мощность излучения в этих линиях хотя и превосходит в десятки раз мощность излучения в таких же линиях от активных ядер в обычных галактиках, однако не идет ни в какое сравнение с суммарной мощностью самого квазара, достигающей 10^{47} эрг/с.

3C 206. Этот квазар по абсолютной светимости гораздо слабее, чем 3C 273: его абсолютная звездная величина всего — 24,6. Он окружен вытянутой наподобие тупого веретена туманностью с наибольшим угловым размером около $16''$ (на расстоянии 900 млн парсек это соответствует размеру порядка 70 тыс. парсек). Туманность вытянута в направлении, совпадающем с вытянутостью протяженного радиосточника.

¹ Hutchings J. B. et al. — *Astroph. J.*, 1981, v. 247, p. 743.

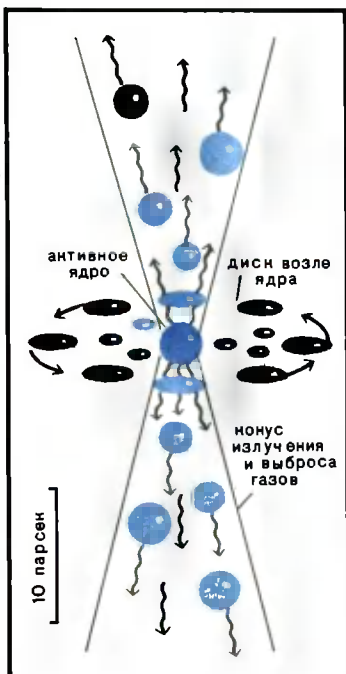
² Wyckoff S. et al. — *Astroph. J. Lett.*, 1980, v. 242, L. 59.

Ее абсолютная звездная величина в видимом диапазоне составляет — 22,8.

Получен спектр этой туманности в области размерами 14×14 тыс. парсек, расположенной на расстоянии около 16 тыс. парсек от квазара. В спектре видны линии нейтрального водорода и дважды ионизованного кислорода с теми же красными смещениями, что и у квазара. Кроме того, заметны линии поглощения однократно ионизованного кальция, которые характерны для оболочек звезд поздних спектральных типов и межзвездной среды. Правда, других линий поглощения, характерных для обычной межзвездной среды, не наблюдается. Еще, как будто, видна резкая линия однократно ионизованного кислорода, но она смещена довольно сильно в синюю сторону спектра (правда, это возможно, если возбужденный газ движется на нас со скоростью около 4700 км/с.)³.

3С 48. Пожалуй, лучше всего исследована туманность около одного из первых отождествленных квазаров — радиосточника 3С 48. Еще в 1963 г. возле него была обнаружена красноватая вытянутая оболочка с зачатками спиральных отростков. Ее угловые размеры составляли $6 \times 12''$, что при расстоянии до квазара около миллиарда парсек соответствует 30×60 тыс. парсек. Абсолютная звездная величина самого квазара в оптике невелика: — 24,3, а туманности — 22,8 (что очень похоже на параметры квазара 3С 206). Средняя поверхностная яркость туманности порядка 23-й звездной величины с квадратной секунды. Сам квазар сминут на 15 кпс к северу от центра туманности.

Спектры были получены в двух областях размерами 10×12 тыс. парсек, расположенных на 20 тыс. парсек к северу и югу от квазара. Спектр северной области оказался гораздо более интенсивным; в нем на фоне слабого непрерывного свечения видны резкие узкие линии однократно и дважды иони-



Возможная структура окрестностей активных ядер, построенная на основании анализа линий в их спектрах.

зованного кислорода; эти линии свидетельствуют о малой плотности излучающего газа (не больше 1 частицы в 10 см^3), общая масса которого может достигать миллиарда солнечных масс. Газ, по-видимому, возбуждается мощным излучением самого квазара. Интересно, что линии в спектре туманности сдвинуты по отношению к линиям самого квазара в красную сторону на величину, соответствующую скорости около 400 км/с.

Итак, мы рассказали о наиболее хорошо исследованных протяженных туманностях, окружающих квазары. К сожалению, однозначных выводов о природе этих туманностей сделать пока не удается. И мы не можем сказать, является ли квазар активным ядром в обычной гигантской звездной системе или квазары загораются только на ранних стадиях формирования галактик. До сих пор

неизвестно, какую долю по массе в этих туманностях занимают звезды и есть ли они вообще. Ясно только, что в туманностях много сильно возбужденного газа и он находится в нестационарном состоянии, так как наблюдается его упорядоченное движение со скоростями в сотни, а возможно, и тысячи километров в секунду. Но куда движется этот газ — падает ли он в область активного ядра или выбрасывается из этой области — пока неясно. Не исключено, что оба типа движения могут и сосуществовать: по одним направлениям газ может падать, а по другим — выбрасываться.

В последние годы накапливается все больше данных о том, что вблизи активных ядер как движение газа, так и излучение ядер носит анизотропный характер. Связана такая анизотропия, по-видимому, с наличием у ядер довольно сильных квазидипольных магнитных полей, контролирующих движение газа и заряженных частиц высоких энергий, ответственных за нетепловое излучение. Кроме того, вокруг ядер, по всей вероятности, формируются плотные быстровращающиеся диски из оседающего вещества размерами в десятки парсек и массой в несколько сотен масс Солнца; они также будут способствовать всякого рода анизотропным явлениям — выделенным оказывается направление, перпендикулярное к плоскости таких ядерных дисков.

Исследование областей вокруг квазароподобных объектов — чрезвычайно важная задача для современной астрофизики. Однако чтобы решить ее, необходимы большие телескопы, установленные в местах, где можно получать хорошее качество изображений (кружок рассеяния от точечного источника не должен превышать, по возможности, угловой секунды), и высококачественная светоприемная аппаратура, способная регистрировать изображения и спектры областей с поверхностными яркостями в несколько процентов от яркости ночного неба.

³ Wyckoff S. et al. — *Astroph. J. Lett.*, 1980, v. 242, L. 59.

⁴ Wampler E. Y. et al. — *Astroph. J. Lett.*, 1975, v. 198, L. 249.

По следу кабарги

В. А. Зайцев



Виталий Анатольевич Зайцев, старший научный сотрудник Сихотэ-Алинского государственного биосферного заповедника. Занимается изучением поведения и экологии кабарги и других животных.

Не многие имеют представление о кабарге — самом мелком копытном нашей страны. Обитает кабарга в труднодоступных районах тайги и играет немаловажную роль в таежных ценозах. На территории СССР насчитывается около 10 тыс. этих животных (более 90% всей мировой численности), представленных тремя подвидами: *Moschus moschiferus moschiferus* (Восточная Сибирь, Якутия), *M. m. parvipes* (Дальний Восток), изучение которой послужило основой для данной статьи, и *M. m. sachalinensis* (Сахалин). Всего же в мировой фауне 7—8 подвидов кабарги.

Внешний вид кабарги своеобразен: передние ноги короче задних, потому и высота ее в холке (около 60 см) меньше, чем в крестце (70—80 см). Весит кабарга 10—15 кг, очень редко 15—17. Рогов ни у самцов, ни у самок нет, зато из-под верхней губы самцов торчат клыки — до 7—8 см у взрослых животных. На небольшой голове — крупные (до 10 см) чуткие уши, закругленные на конце, и большие, как у всех оленей, глаза. В окраске смешаны несколько цветов — коричневый, бурый, серый и белый. В тени кабарга кажется темно-бурой, а на солнце — рыжеватой. Летом шерсть выцветает и становится белесой. У малышей по всему телу разбросаны белые пятна, которые с возрастом исчезают, оставаясь лишь на крупе и бедрах.

Ярко-темная полоса, иногда образующая на горле крестообразный рисунок, окаймлена двумя белыми лентами и тянется от подбородка до груди. Передвигается кабарга мощными прыжками, отдаленно напоминающими скачки кенгуру.

До начала 70-х годов поведение кабарги было мало изучено, так как непосредственно наблюдать за ее повадками очень трудно. Все имевшиеся к этому времени данные получены «троплением» — изучением троп, следов и различных меток, оставляемых животными. Совершенно очевидно, что при таком способе далеко не все стороны жизни животного могут открываться глазам зоологов. Поэтому, начиная изучение кабарги в Сихотэ-Алинском заповеднике, мы поставили перед собой задачу наблюдать за ее жизнью в природных условиях.

Нам пришлось вспомнить слова старожилов о том, что если хочешь увидеть кабаргу, нужно набраться терпения. По их словам, это животное скрывается от идущего за ней человека несколько дней, а потом подпускает к себе на близкое расстояние. И мы не теряли надежды на знакомство с кабаргой, гоняясь за ней по тайге, но тем не менее часто ловили себя на мысли, что идем не по «теплым следам» только что пробежавшего животного, а гоняемся за призраком. Казалось, что это и



Самец кабарги скусывает хвою.

Фото В. А. Зайцева.

впрямь мифическое животное, как назвал кабаргу один знакомый лесник.

Действительно, увидеть кабаргу вблизи непросто: этот маленький олень очень осторожен. Издалека, метров с шестидесяти, услышав хруст снега или поломавшейся под ногой ветки, животное мгновенно срывается с места. Долгое время странствуя по таежным лесам, мы обнаружили, что кабарга по-разному реагирует на звуки — одни ее вовсе не тревожат, других она пугается и стремглав убегает. Поняв, что каждый звук имеет для нее особое значение, мы этим воспользовались. Треск

ветки, хруст снега, по-видимому, связаны у кабарги с опасностью, а вот постоянные шумы ее нимало не беспокоят. Поэтому мы специально волочили ноги по снегу, создавая непрерывное шуршание, мы даже пели и громко разговаривали, не только не пугая этим кабаргу, но, напротив, именно так маскируя звуки, которые ее тревожат. Человеческий голос незнаком кабарге, и поэтому, видимо, она не связывает пение или разговор с опасностью.

К человеку кабарга привыкает за разные промежутки времени, проявляя индивидуальный характер. Только к трем животным нам удалось приблизиться всего за день. Взрослый самец, названный нами Стариком, привык лишь на 5-й день, а самка подпустила нас к себе на близкое



Типичный горно-таежный лес в заповеднике, где обитает кабарга.

Фото В. Ф. Редькова.

расстояние только на 10-й день, за что и получила имя Неуловимой.

Несмотря на столь разные сроки привыкания, в этом процессе есть общая закономерность: несколько дней кабарга убегает от человека, когда тот еще и не видит ее, и вдруг в какой-то день подпускает на близкое расстояние, и с тех пор его присутствие вовсе не беспокоит животное.

Чем же обусловлено привыкание кабарги к человеку? Очевидно, все оборонительное поведение ее, сформированное в течение долгого времени, не рассчитано на опасность, идущую от человека. Обительница глухих таежных лесов, осторожная даже в отношениях с живущими здесь же и неопасными для нее изюбрями и кабанами, она только в редких случаях приближается к ним на расстояние в десять метров и то чаще всего на водопое. К чело-

веку же привыкает довольно быстро, на свою беду, очевидно, не считая его своим врагом. За это довольно часто платится жизнью: вне заповедника охота на кабаргу не запрещена, и охотники злоупотребляют доверчивостью животного. К несчастью, даже в таких местах животным не идет впрок печальный опыт и они по-прежнему относятся к человеку не как к врагу.

Уже привыкшая к человеку, кабарга узнает его по внешнему виду и запаху даже через длительное время. Так, один самец, который не видел нас целый сезон, услышав шаги приближавшегося наблюдателя, настороженно встал с лежки, но, как только увидел человека, вышедшего из-за гребня сопки, успокоился и принялся за прерванную было жвачку.

Интересно наблюдать, как кабарга устраивается на лежку. Решив отдохнуть, она взбирается на бугорок и обнюхивает приглянувшееся место. Затем разгребает снег или утаптывает его, подтыкает ветки и только после этого ложится на импрови-

зированной постель. Летом, расчистив мордочкой место от веток, она разрыхляет под постель землю копытцами.

Основной корм кабарги — древесные лишайники родов *Usnea*, *Ramalina*, *Alectoria*, *Evernia*. Это так называемые бородачи, которые при достаточном количестве их в местах обитания животного составляют 99,9% корма. Ни один таежный зверь не конкурирует в пище с кабаргой. Кроме древесных лишайников она употребляет и наземные кустистые (*Cladonia*, *Cetraria*), при недостатке пищи — хвою пихт, кедра, сухие листья деревьев и кустарников, траву и даже желуди. В Среднем Сихотэ-Алине кабарга поедает около 45 видов различных растений. Рацион ее зависит от обилия и доступности корма.

Обычно кабарга собирает упавшие на землю лишайники, но если их мало, она срывает лишайники с деревьев, опираясь передними ногами о стволы или держа ноги на весу, а иногда даже забирается на небольшие кусты. Ухватив свисающую бороду лишайника, она треплет его из стороны в сторону, отдирая от ствола или ветки. Если попадаются древесные грибы, кабарга откусывает от них по кусочку и тщательно пережевывает.

Очень трудно приходится кабарге зимой, когда сильные муссонные ветры срывают лишайники, а обильный снег покрывает лишайниковый опад толстым слоем. И животные вынуждены преодолевать большие расстояния в поисках открытых участков, где сугробы не так глубоки. Здесь ка-

барге легче добраться до корма, разрывая снег мордочкой или копытцами. А если не удастся найти лишайники, животные вынуждены съедать хвою с молодой поросли.

Наблюдая за кабаргой в заповеднике, мы обнаружили, что каждое животное имеет свой участок обитания. Самыми большими территориями владеют взрослые самцы — до 300 га. Самцы-сеголетки, как только начинают самостоятельную жизнь (август-октябрь), овладевают зонами — около 50 га — по соседству со взрослыми самцами. На второй год жизни они расширяют свои владения до 70 га, и на третий год, когда становятся совсем взрослыми, их территории сравнимы с участками более старых самцов.

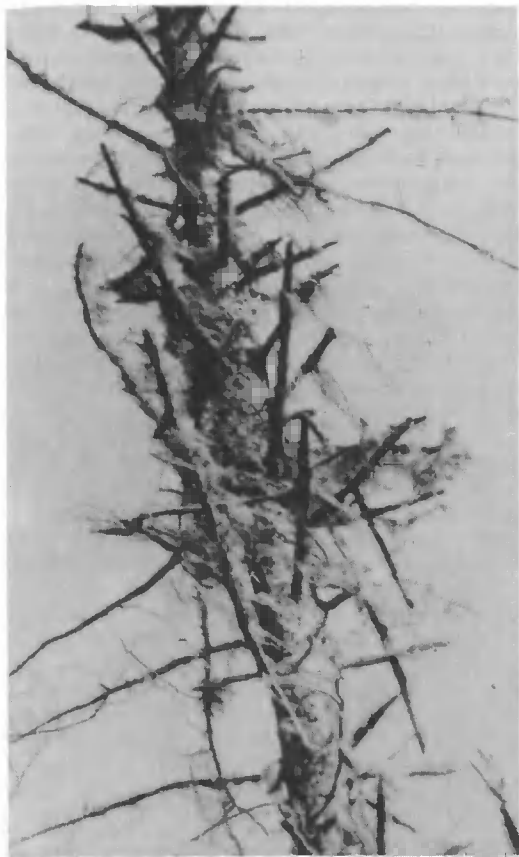
Некоторые животные (обычно от 1-до 3-летнего возраста) своего собственного участка не имеют и вынуждены бродяжничать, избегая, однако, конфликтов с владельцами частных территорий.

Участки самцов нередко перекрываются, иногда общая площадь достигает 63% от индивидуальной. Территории самок (около 50 га) находятся внутри владений взрослых самцов и никогда не перекрываются. У каждого самца бывает до трех «жен» (таков «гарем» хозяина), он прекрасно знает их и периодически проверяет, все ли они на месте и нет ли поблизости соперников.

Самец кабарги почувствовал приближение человека и насторожился.

Фото В. А. Зайцева



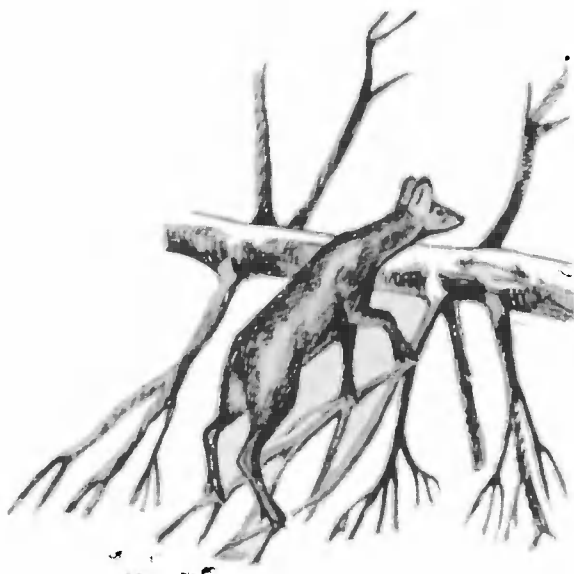


Эпифитные лишайники — основной корм кабарги.
Фото Е. А. Суворова.



Так кабарга добывает пищу.

Здесь и далее рисунки автора.



Размер занимаемой территории связан с расстоянием, которое может преодолеть за день кабарга в поисках корма. Так, суточный путь сеголетков — 250—890 м, второгодков — 1—2 км, на третьем году он увеличивается до 2,2 км, а матерые самцы в декабре пробегают до 5 км в день.

Какова же структура популяций кабарги? Оказалось, что животное, чьи участки находятся по соседству, образуют группировки, которые мы называли парцеллами. В их состав входят несколько самцов, самок и молодых животных. Общение животных внутри парцеллы более тесное, чем между соседними группами. Число парцелл в популяции различно и зависит от величины ареала. Ареалы кабарги обычно невелики, они представлены отдельными участками, где лишь иногда плотность животных достигает 50 особей на 1 тыс. га. Только хвойные леса Приморья заселены ею более или менее равномерно. Общая численность кабарги на Дальнем Востоке более 50 тыс. особей, из них в Сихотэ-Алинском заповеднике (345 тыс. га) около 3 тыс.

Даже за привыкшей к человеку кабаргой наблюдать непросто: исследователю приходится вести ночной образ жизни — ведь кабарга активна именно ночью. К счастью, многое можно почерпнуть, изучая следы и метки животных. Правда, летом идти по следу практически невозможно: в таежном лесу следы легкого зверя едва заметны.

Как выяснилось из наших наблюдений за кабаргой, большое значение в общении животных друг с другом имеют запаховые метки. Как говорит В. Винне-Эдвардс, самцы кабарги имеют «богатое коммуникативное оборудование», главное из этого оборудования — мускусная железа (местные жители называют ее струей). В ней вырабатываются половые гормоны, воскоподобные вещества, мускон, соединения холестерина¹. Вес железы у взрослых самцов достигает 50—70 г. Ее экскретом животные маркируют свою территорию и, вероятно, уже покрытых самок. Мы наблюдали, как животные метили этим экскретом самих себя: вылизывая железу, самцы переносят ее запах на другие части тела. По-видимому, «лицо» каждого самца — это его индивидуальный запах. Мускусная железа, подхвостовая, хвостовая и бедренная (она есть и у самок), составляют общий

комплекс желез самца кабарги. Все железы функционируют непрерывно с 10—11-месячного возраста животного. Количество экскрета постепенно увеличивается, а соответственно растет и число меток, которыми кабарга маркирует свои участки: двухлетние самцы за сутки оставляют не больше трех меток, а взрослые иногда до 38 (при обходе своих огромных владений). Много меток оставляют самцы во время гона и весной.

Метки у кабарги — это своеобразные письма, адресованные сородичам. Выветрившуюся метку самец, как правило, подновляет, когда проверяет, достаточно ли знаков оставил на своей территории. Если он вдруг обнаруживает чужую метку, тщательно перемаркировывает ее, при этом самец интенсивно трет хвостом о ствол дерева и даже разгребает снег или землю. Молодые самцы обычно соблюдают иерархию и, обнаружив метку старшего и более сильного, отступают.

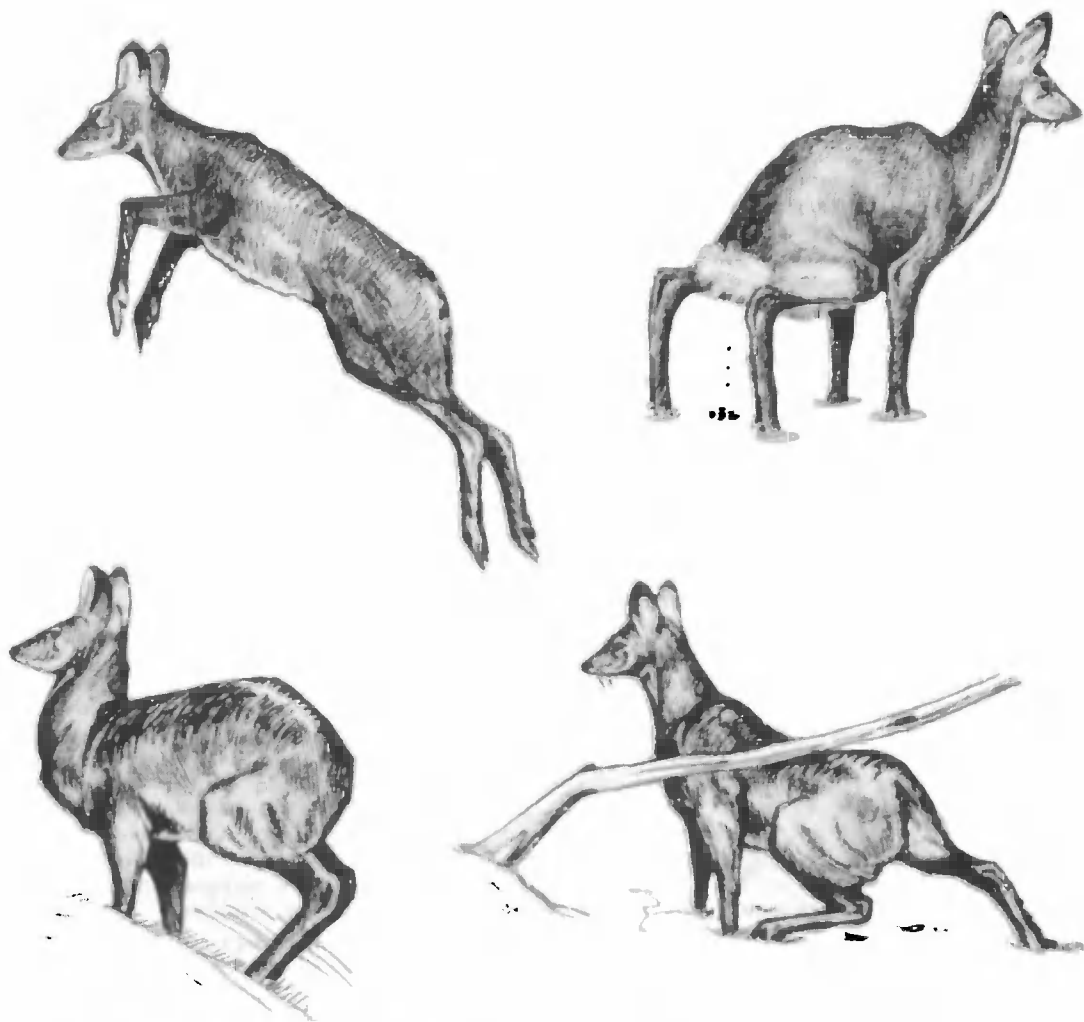
Для самок, живущих внутри территорий владыки гарема, его метки служат указателем, запрещающим выходить за пределы участка.

Пограничные конфликты у самцов редки, но в период гона все же бывают турнирные бои. Единственное оружие самцов — клыки, которыми животные иногда наносят друг другу раны (очень редко они дерутся передними ногами). Но чаще же, приподняв верхнюю губу, противники лишь демонстрируют свое оружие, после чего расходятся в разные стороны.

Период гона кабарги приходится на ноябрь — декабрь и длится 3—4 недели. Первый раз самцы обзаводятся семьей в три года, а самочки уже на второй год жизни приносят потомство. В мае-июне у каждой из них рождается один-два, очень редко три малыша. Уже вскоре после рождения этих маленьких и совершенно беззащитных созданий мать покидает их на долгое время, отправляясь на поиски корма. Оленята в это время лежат затаившись. Они плотно прижимаются к земле, вытянув шею. В траве среди листьев и солнечных бликов пятнистых оленят невозможно обнаружить. Но если близости появляется хищник, самка отвлекает его, держась на виду, издает характерные звуки и высоко подпрыгивает, чтобы привлечь на себя внимание. До глубокой осени самки пасутся с телятами, хотя они ведут себя уже вполне независимо.

У кабарги немало врагов: охотятся на нее харза (*Maptes flavicula* — животное из семейства куньих), рысь, росома-

¹ Do J. C., Kitaisuji E., Yoschi E. — Chem. and pharmac. bull., 1975, v. 23, p. 629.

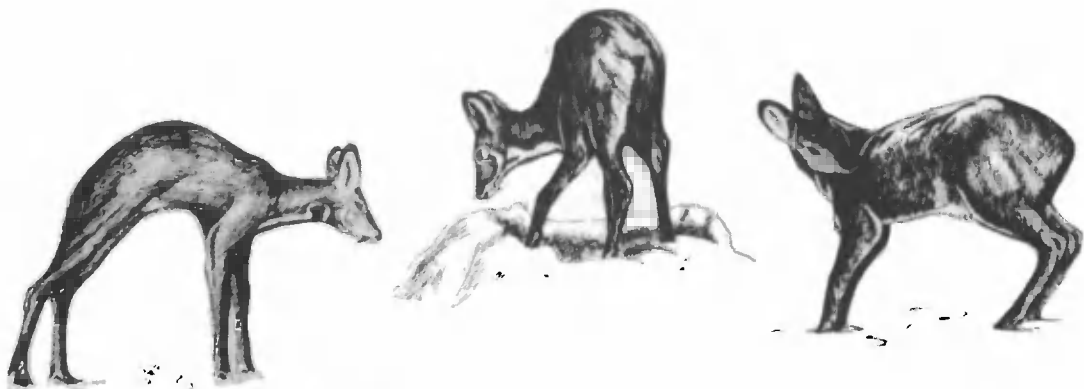


Самец кабарги метит свою территорию (вверху, справа). Пригая почти по-кенгуриному, кабарга отталкивается задними ногами, но приземляется на 4 ноги (левый ряд). Маленький гибкий олень свободно подлезает под небольшие упавшие стволы.

ха, волк, лисица, соболь и тигр, а на молодняк нападают даже крупные хищные птицы. Совершенно беззащитная кабарга всегда настороже, она часто прислушивается и, уловив малейшую опасность, мгновенно спасается бегством. Но удается ей это далеко не всегда, в особенности, если на охоту вышла харза. Этот сильный хищник охотится обычно группой из 2—3 особей, иногда в охотничью стаю сбивается и 7 животных². На склонах сопок или в глубине узких распадков харзы вспуги-

вают кабаргу и гонят ее 5—10 км. Во время охоты хищники действуют слаженно: меняясь на следу, заходя сбоку, они направляют жертву в долину реки или к ключу. Кровавая сцена разыгрывается около самой реки. Пойманную добычу харзы перетаскивают в укрытие (расщелину скалы, дупло) и приступают к трапезе. Из общего числа погибших от хищников животных на долю харзы приходится 69,7%, волка — 10,3, рыси — 5,1, а тигра — 0,6%. Самый маленький олень — кабарга — оказалась «по зубам» даже соболу. Он уничтожает в два раза больше кабарги, чем тигр, который (справедливости ради следует это отметить) специально на кабаргу не охотится.

² Салмин Ю. А. — Бюлл. МОИП, отд. биол., 1972, вып. 4, с. 30.



Устраиваясь зимой на лежку, кабарга разгребает снег копытами и утаптывает его. После отдыха она потягивается и чистит шкуру.



Плотно прижавшись к земле и вытянув шею, олененок совершенно незаметен среди густой листвы.

Гибнут кабарги, срываясь со скал, немало их тонет (10,2% от погибших), а 4,6% животных губят паразитирующие под кожей в личиночном состоянии оводы *Cardulolia inexpectata* (до 1987 личинок овода насчитывали на одном олене). Не опасаясь звуков, не свойственных таежным лесам, кабарга близко подпускает автотранспорт и гибнет под колесами машин.

До начала XX в. кабаргу систематически истребляли охотники. Но пагубнее всего для нее пожары и лесоразработки, которые сводят на нет большие площади таежных лесов — типичные место-

обитания кабарги. Необходимо несколько десятилетий, прежде чем на обширных гарях или вырубках появится молодой хвойный лес, где может снова поселиться кабарга.

Почти все участки ее обитания сейчас сокращаются, и только в заповедниках удастся сохранить девственный хвойный лес — пристанище кабарги. Хотя реальной опасности для существования кабарги сейчас нет, ее начинают разводить в неволе: недавно ее содержали в вольере заповедника «Столбы», а сейчас удачно разводят в питомнике Института эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР в Московской области. Такое разведение кабарги очень удобно для изучения ее биологии, до сих пор пока еще недостаточно известной.

Виден ли конец теоретической физики?

С. Хокинг



«Природа» знакомит своих читателей с лекцией Стивена Хокинга «Виден ли конец теоретической физики?», прочитанной по поводу его вступления в должность профессора кафедры математики Кембриджского университета. Когда-то эту кафедру занимал создатель первой теории гравитации великий Исаак Ньютон, сменивший на этом посту своего учителя Исаака Барроу (1630—1677), известного своими работами по математике и физике. Долгие годы — с 1932 по 1969 г. — профессором кафедры был Поль Дирак — создатель релятивистской квантовой механики.

Работы С. Хокинга в значительной степени сформировали современный облик теории тяготения, основанной на общей теории относительности.

В этой лекции я хочу обсудить, можно ли будет достичь цели теоретической физики не в очень отдаленном будущем, а, скажем, к концу этого столетия. Под этим я имею в виду возможность получения полной непротиворечивой единой теории физических взаимодействий, которая описывала бы все возможные данные наблюдений. Конечно, нужно быть чрезвычайно осторожным, делая такие предсказания: мы уже по крайней мере дважды считали, что находимся на пороге окончательного объединения. В начале века верили, что все

тельности (ОТО) Эйнштейна. Ему принадлежат классические результаты в этой области. Применяя новые геометрические методы, он, совместно с Р. Пенроузом, показал, что возникновение сингулярностей типа коллапса не зависит от упрощающих предположений, использовавшихся ранее, а являются прямыми следствиями ОТО. Ему же принадлежит теория испарения черных дыр, кратко обсуждаемая в лекции. С более подробным изложением этого явления, известного как эффект Хокинга, читатели имели возможность познакомиться на страницах журнала «Природа» (Новиков И. Д., Полнарев А. Г. Первичные черные дыры. 1980, № 7; Киржниц Д. А., Фролов В. П. Черные дыры, термодинамика, информация. 1981, № 11).

Лекция, прочитанная С. Хокингом, представляет собой сжатое и в то же время увлекательное и полное описание современного состояния теории элементарных частиц и космологии. Одним взглядом автор охватывает широчайший круг проблем теоретической физики, создавая развернутую панораму событий, происходящих в этой области человеческого познания. Полный текст лекции был любезно предоставлен журналу «Природа» С. Хокингом во время его последнего посещения Москвы в октябре 1981 г. в дни работы Международного семинара по квантовой теории гравитации. В лекции содержится ряд неточностей, которые, однако, редакция не сочла уместным исправлять.

может быть понято с позиций механики сплошных сред. Единственное, что нужно было сделать — это измерить определенное число коэффициентов — упругости, вязкости, проводимости и т. д. Эта надежда была разрушена открытием строения атома и квантовой механики. И вновь в конце 20-х годов Макс Борн объявил группе ученых, посетивших Геттинген: «Физика, какой мы ее знаем, будет завершена через шесть месяцев». Это было вскоре после открытия Полем Дираком уравнения, которое описывает поведение электрона.

Ожидалось, что аналогичное уравнение будет описывать протон, вторую по предположению элементарную частицу, известную в то время. Однако открытие нейтрона и ядерных сил разрушило эти надежды. Сейчас мы точно знаем, что ни протон, ни нейтрон не элементарны, а состоят из еще меньших частиц. Тем не менее мы многого достигли в последние годы, и, как будет показано далее, есть некоторые основания для осторожного оптимизма: не исключено, что мы увидим законченную теорию еще при жизни некоторых из присутствующих здесь.

Однако, если даже мы и получим законченную единую теорию, детальные предсказания можно будет делать лишь в простейших случаях. Например, нам уже известны физические законы, управляющие всеми явлениями, с которыми мы сталкиваемся в жизни: как отмечал Дирак, его уравнение стало основой «большой части современной физики и всей химии». Тем не менее мы смогли решить это уравнение только для самой простой системы — атома водорода, состоящего из одного протона и одного электрона. Для более сложных атомов с большим количеством электронов, не говоря уже о молекулах с более чем одним ядром, мы вынуждены прибегать к приближениям и интуитивным предположениям сомнительной применимости. Для макроскопических систем, состоящих из 10^{23} частиц или около того, мы вынуждены пользоваться статистическими методами, оставив все попытки решить уравнение точно. Несмотря на то что мы, в принципе, знаем уравнения, управляющие всеми биологическими явлениями, мы не сумели свести исследования свойств человеческого организма к области прикладной математики.

ЦЕЛЬ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Что же мы имеем в виду под полной единой физической теорией?

Обычно наши попытки моделировать физическую реальность сводятся к проблемам двух типов:

1. Отысканию набора локальных законов, которым подчиняются различные физические величины. Эти законы обычно формулируются в виде дифференциальных уравнений.

2. Определению набора граничных условий, которые говорят нам о состоянии некоторых областей Вселенной в некоторый момент времени и соответственно о явлениях, возникающих там вследствие воздействия других областей Вселенной.

Многие могли бы утверждать, что роль науки заключается в решении первой из этих задач и теоретическая физика достигла бы своей цели, если бы был получен полный набор локальных физических законов. Они склонны рассматривать вопрос о начальных условиях для Вселенной, принадлежащим к сфере метафизики и религии. В некотором смысле это отношение похоже на позицию тех, кто в прошлые столетия противодействовал научным исследованиям, говоря, что все явления в природе есть дело рук Божьих и не должно в них вникать. Я полагаю, что начальное состояние Вселенной столь же подходящий объект для научных исследований и теорий, как и локальные физические законы. У нас до сих пор не будет полной теории, пока мы не сможем сделать больше, чем просто утверждать: «Вещи таковы, как они есть, потому что они были такими, какими были».

Вопрос о единственности начальных условий тесно связан с вопросом о неопределенности локальных физических законов: теория не могла бы считаться законченной, если бы она содержала ряд свободных параметров, таких как массы или константы взаимодействия, которым можно было бы приписать любое произвольное значение. На самом деле создается впечатление, что ни начальные условия, ни значения параметров в теории отнюдь не произвольны, а как-то очень тщательно подобраны. Например, если бы разница в массах протона и нейтрона не была около двух электронных масс, не получилось бы около пары сотен стабильных ядер, которые формируют элементы и являются основой химии и биологии. Аналогично, если бы гравитационная масса протона была существенно иной, не существовало бы звезд, в которых могли бы образоваться эти ядра. А если бы начальное расширение Вселенной было бы несколько меньшим или большим, Вселенная либо сколлапсировала раньше, чем эти звезды успели проэволюционировать, либо расширилась столь быстро, что гравитационная конденсация никогда не привела бы к образованию звезд. В самом деле, некоторые пошли настолько далеко, что эти ограничения на начальные условия и параметры возвели в статус принципа — антропологического принципа (Anthropic Principle), который может быть сформулирован так: «Вещи таковы, как они есть, потому что мы существуем». Согласно одной из трактовек этого принципа, существует огромное количество различных самостоятельных вселенных с различными значениями физических параметров и

различными начальными условиями. Большинство этих вселенных не смогут обеспечить необходимых условий для развития сложных структур, необходимых для разумной жизни. И лишь в небольшом числе вселенных с условиями и параметрами, похожими на наши, существует возможность разумным существам развиваться и задавать вопрос: «Почему же Вселенная такова, какой мы ее наблюдаем?». Ответ, конечно, очевиден: «Если бы было иначе, некому было бы задать такой вопрос».

Антропологический принцип действительно дает в определенном смысле объяснение многим замечательным числовым соотношениям, которые наблюдаются между значениями различных физических параметров. Тем не менее все это не вполне удовлетворительно: невозможно отделаться от чувства, что должно быть более глубокое объяснение. Кроме того, антропологический принцип не годится для всех областей Вселенной. К примеру, наша солнечная система, безусловно, является необходимым условием нашего существования, так же как и более раннее поколение звезд, в которых в результате ядерного синтеза могли образоваться тяжелые элементы. Не исключено, что вся наша галактика была необходима для этого. Однако, казалось бы, нет никакой необходимости в других галактиках, не говоря уже о том, что их миллионы миллионов, распределенных почти равномерно во всей наблюдаемой Вселенной.

При такой крупномасштабной однородности Вселенной чрезвычайно трудно иметь антропоцентрические взгляды и верить в то, что структура Вселенной определяется чем-то столь периферийным, как некие сложные молекулярные образования на второстепенной планете, вращающейся вокруг весьма средней звезды во внешней окрестности достаточно типичной спиральной галактики.

Если мы не собираемся обращаться к антропологическому принципу, нам нужна какая-то объединенная теория для объяснения начальных условий Вселенной и значений различных физических параметров. Однако очень трудно придумать полную теорию всего, что происходит (хотя это, по-видимому, не останавливает некоторых людей: я получаю по почте две-три объединенных теории каждую неделю). Вместо этого мы ищем частичные теории, которые смогли бы описать ситуации, когда некоторые взаимодействия можно не учитывать либо простым способом аппроксимировать.

Сначала мы разделили материю Все-

ленной на две части: частицы «вещества», такие как кварки, электроны, мюоны и т. д., и «взаимодействия», такие как гравитация, электромагнетизм и т. п. Частицы «вещества» описываются полями полуцелого спина и подчиняются принципу запрета Паули, который не позволяет двум и более частицам данного сорта находиться в одинаковых состояниях.

Из-за этого возможно существование твердых тел, которые не коллапсируют в точку и не исчезают в бесконечности в виде излучения. Частицы «вещества» разделены на две группы: адроны, состоящие из кварков, и лептоны, куда входят все оставшиеся частицы.

Взаимодействия феноменологически разделены на четыре вида. Первым, в порядке убывания их силы, идет сильное ядерное взаимодействие между адронами. Далее следуют электромагнитные силы между заряженными адронами и лептонами. Затем — слабые ядерные взаимодействия, возникающие между любыми адронами и лептонами. И, наконец, намного более слабая сила — гравитация, которой подвержено все на свете. Взаимодействия описываются полями целого спина, не подчиняющимися принципу запрета Паули. Это означает, что в одном состоянии может находиться много соответствующих этим полям частиц. Электромагнитные и гравитационные взаимодействия являются к тому же дальнедействующими. Это означает, что поля, создаваемые скоплением материальных частиц, могут складываться так, что появляется поле, обнаружимое в макроскопических масштабах. По этой причине электромагнитное и гравитационное поля стали первыми, для которых были разработаны теории: гравитации — Ньютоном в XVII в. и электромагнетизма — Максвеллом в XIX в. Однако в своей основе эти теории были несовместимы. Ньютоновская теория остается инвариантной, если всей системе придать любую постоянную скорость. В то же время в теории Максвелла имеется выделенная скорость — скорость света. В конце концов оказалось, что должна быть модифицирована теория гравитации Ньютона с тем, чтобы выполнялись свойства инвариантности теории Максвелла. Эта цель была достигнута в эйнштейновской общей теории относительности (ОТО), сформулированной в 1915 г.

ОТО и электродинамика Максвелла были тем, что называют «классическими теориями», т. е. они имели дело с непрерывными величинами, которые, по край-

ней мере в принципе, могли быть измерены с любой точностью.

Но когда попытались применить эти теории для построения модели атома, возникли проблемы. Было обнаружено, что атом состоит из небольшого положительно заряженного ядра, окруженного облаком отрицательно заряженных электронов. Естественно предположить, что электроны вращаются по орбитам вокруг ядра подобно Земле, вращающейся по орбите вокруг Солнца.

Но классические теории предсказывали, что электрон тогда должен излучать электромагнитные волны. Эти волны уносят энергию, и электрон должен по спирали падать на ядро, что приведет к коллапсу атома.

КВАНТОВЫЕ ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Указанная трудность была преодолена открытием того, что стало бесспорно величайшим достижением теоретической физики этого столетия — открытием квантовой теории. Основной ее постулат — принцип неопределенности Гейзенберга, который утверждает, что определенные пары физических величин, как, например, положение и импульс частицы, не могут быть одновременно измерены с любой точностью. В случае атома это означает, что электрон в состоянии с наименьшей энергией не может упасть на ядро и покоиться там, так как тогда его положение и скорость могли бы быть определены точно. Вместо этого электрон должен быть размазан с некоторой вероятностью вокруг ядра. В этом состоянии электрон не может излучать энергию в виде электромагнитных волн, поскольку отсутствует состояние с меньшей энергией, куда бы он мог перейти.

В 20—30 годах квантовая механика с огромным успехом применялась к исследованию систем с конечным числом степеней свободы, таким как атомы или молекулы. Однако появились трудности, когда попытались применить ее к электромагнитному полю, которое имеет бесконечное число степеней свободы (грубо говоря, две в каждой точке пространства — времени). Можно трактовать эти степени свободы как осцилляторы, каждый из которых характеризуется своими координатой и импульсом. Осцилляторы не могут быть в покое, так как тогда их положение и импульс были бы точно определены. Вместо этого каждый осциллятор имеет ненуле-

вую энергию и некоторое минимальное количество того, что называется «нулевыми колебаниями». Полная энергия нулевых колебаний всего бесконечно большого числа степеней свободы является причиной того, что наблюдаемая масса и заряд электрона должны были бы стать бесконечными.

Для преодоления этой трудности в конце 40-х годов была развита так называемая процедура перенормировки. Она состояла в довольно произвольном вычитании некоторых бесконечных величин, после чего получались конечные остатки. В электродинамике было необходимо сделать два таких вычитания: одно для массы, а другое для заряда электрона. Процедура перенормировки никогда не основывалась на достаточно прочном математическом или теоретическом фундаменте, но она прекрасно работала на практике. Ее огромным успехом стало предсказание лэмбовского сдвига, небольшого смещения некоторых линий в спектре атомарного водорода. Однако эта процедура не очень удовлетворительна с точки зрения людей, пытающихся построить полную теорию: она не позволяет предсказать значения конечных остатков после выполнения вычитаний бесконечностей. И тогда мы снова должны прибегнуть к антропологическому принципу, чтобы объяснить, почему масса и заряд электрона таковы, как они есть.

В течение 50—60 годов было общепринятым считать, что слабые и сильные ядерные взаимодействия перенормируемы, т. е. требуют бесконечного числа вычитаний. Число конечных остатков, не определяемых теорией, тогда также будет бесконечным. Такая теория не обладает предсказательной силой, поскольку никто никогда не сможет измерить значения всего бесконечного числа параметров. Однако в 1971 г. т'Хоофт показал, что объединенная модель электромагнитных и слабых взаимодействий, ранее предложенная Вайнбергом и Саламом, в действительности перенормируема и требует лишь конечного числа вычитаний. В теории Вайнберга — Салама к фотону, имеющему спин 1 и переносящему электромагнитные взаимодействия, присоединяются три других партнера — частицы со спином $\frac{1}{2}$ — W^+ , W^- и Z^0 . Предсказано, что при очень больших энергиях все эти четыре частицы будут вести себя одинаково. А при низких энергиях надо объяснить тот факт, что масса покоя фотона равна нулю, в то время как W^+ , W^- и Z^0 все чрезвычайно

массивны. Для этого привлекается явление, называемое «спонтанным нарушением симметрии». Предсказания теории при низких энергиях замечательно согласуются с наблюдениями; в результате Шведская академия присудила Нобелевскую премию Вайнбергу, Саламу и Глэшоу, который также построил подобные объединенные теории. Однако сам Глэшоу заметил, что Нобелевский комитет в действительности пошел на риск, так как до сих пор нет ускорителя частиц на энергию, достаточно большую, чтобы проверить теорию той области, где действительно происходит унификация электромагнитных сил, переносимых фотоном, и слабых сил, переносимых W^+ , W^- и Z^0 . Достаточно мощные ускорители будут готовы через несколько лет, но большинство физиков уверено, что теория Вайнберга — Салама будет подтверждена.

Успех теории Вайнберга — Салама вызвал поиски аналогичной перенормируемой теории сильных взаимодействий.

Довольно давно было осознано, что протон и другие адроны, скажем π -мезон, не могут быть истинно элементарными частицами, но должны быть связанными состояниями других частиц, называемых кварками. По-видимому, кварки обладают любопытным свойством: несмотря на их способность довольно свободно двигаться внутри адрона, оказывается невозможным получить просто один кварк сам по себе. Они всегда появляются либо тройками (как в протоне или нейтроне), либо парами, состоящими из кварка и антикварка (как в π -мезоне). Чтобы это объяснить, кварки были наделены характерным признаком, называемым цветом. Стоит подчеркнуть, что этот цвет не имеет ничего общего с нашим обычным понятием цвета: кварки слишком малы, чтобы их можно было наблюдать в лучах видимого света. Это — просто удобное название. Идея состоит в том, что кварки могут быть трех цветов (например, красного, зеленого и голубого), но любое наблюдаемое связанное состояние (адрон) должно быть бесцветным. Это достигается либо смесью всех трех цветов, как в протоне, либо смесью красного и антикрасного и т. д., как в π -мезоне. Предполагается, что, подобно слабым взаимодействиям, сильные взаимодействия также переносятся частицами со спином 1, которые называются глюонами. Глюоны также несут цвет и вместе с кварками описываются перенормируемой теорией, называемой квантовой хромодинамикой, или, коротко, КХД. Следствием про-

цедуры перенормировки является зависимость эффективной константы взаимодействия от энергии, при которой она измеряется; при очень больших энергиях константа взаимодействия уменьшается до нуля. Это явление известно как асимптотическая свобода. Оно означает, что при столкновении адронов высоких энергий кварки внутри адронов ведут себя почти как свободные частицы, так что их взаимодействия можно успешно описывать с помощью теории возмущений. Предсказания теории возмущений находятся в удовлетворительном качественном согласии с наблюдениями, но пока еще нельзя утверждать, что теория проверена экспериментально. При низких энергиях эффективная константа связи становится очень большой и теорию возмущений применять нельзя. Надеются, что такое «инфракрасное рабство» объяснит, почему кварки всегда заперты в бесцветные связанные состояния, но до сих пор никто не смог по-настоящему убедительно это показать.

ВЕЛИКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

Получив одну перенормируемую теорию для сильных взаимодействий и другую — для слабых и электромагнитных взаимодействий, естественно поискать теорию, объединяющую эти две. Такие теории получили несколько преувеличенный титул «теорий великого объединения». Такое название скорее вводит в заблуждение, потому что ни одна из этих теорий не является ни великой, ни вполне объединенной, ни полной в том смысле, что они содержат ряд неопределенных параметров (массы и константы связи). Тем не менее они могут стать значительным шагом к полной единой теории. Основная идея заключается в том, что эффективная константа связи сильных взаимодействий велика при низких энергиях, но постепенно уменьшается из-за асимптотической свободы при высоких энергиях. С другой стороны, эффективная константа связи теории Вайнберга — Салама при низких энергиях мала, но постепенно растет при больших энергиях, так как эта теория не является асимптотически свободной. Если экстраполировать скорость изменения этих констант связи, можно найти, что они станут равными при энергии порядка 10^{15} ГэВ. Теории предполагают, что за этой энергией сильные взаимодействия объединяются с электромагнитными и слабыми; а при более низких энергиях происходит спонтанное нарушение симметрии.

Энергия 10^{15} ГэВ лежит далеко за пределами возможностей любого лабораторного эксперимента: нынешнее поколение ускорителей может дать энергию около 10 ГэВ в системе центра масс сталкивающихся частиц, следующее поколение сделает доступной область около 100 ГэВ. Этого хватит для изучения той области энергий, где по теории Вайнберга — Салама должны объединиться электромагнитные и слабые силы. Но это не та огромная энергия, при которой согласно предсказаниям слабые и электромагнитные взаимодействия будут объединены с сильными взаимодействиями. Тем не менее в лаборатории могут быть проверены некоторые предсказания теорий великого объединения для области низких энергий. Например, теории предсказывают, что протон не является абсолютно стабильным, а должен распадаться с временем жизни порядка 10^{31} лет. Современная экспериментальная оценка снизу на время жизни протона составляет примерно 10^{30} лет, и существует возможность ее улучшить.

Другое наблюдаемое предсказание касается отношения числа барионов и фотонов во Вселенной. Законы физики представляются одинаковыми для частиц и античастиц. Более точно, они остаются теми же, если частицы заменить на античастицы, правое заменить на левое и поменять скорости всех частиц на обратные. Это утверждение известно под названием CPT-теоремы и является следствием основных предположений, которые должны быть выполнены в любой разумной теории. И все же Земля, и вообще вся Солнечная система, состоит из протонов и нейтронов без антипротонов и антинейтронов. В действительности такое неравенство между частицами и античастицами является еще одним априорным условием нашего существования: если бы солнечная система состояла из смеси равного числа частиц и античастиц, они бы все проаннигилировали друг с другом, оставив лишь излучение. Из наблюдаемого отсутствия такого аннигиляционного излучения мы можем заключить, что наша Галактика целиком составлена из частиц, а не из античастиц. У нас нет прямых свидетельств о строении других галактик, но кажется правдоподобным, что они состоят из частиц и что во Вселенной в целом имеется избыток частиц над античастицами примерно в 1 частицу на 10^8 фотонов. Можно попытаться объяснить это, привлекая антропологический принцип, но теории великого объединения фактически уже запаслись возможным

механизмом для объяснения такого неравенства. Хотя все взаимодействия, по-видимому, инвариантны относительно комбинации преобразований C (замены частиц на античастицы), P (обмена правого на левое) и T (изменения направления течения времени), известны взаимодействия, не инвариантные относительно одного преобразования T. В ранней Вселенной, когда имелась четко выраженная «стрела» времени, заданная расширением, в этих взаимодействиях могло рождаться больше частиц, чем античастиц. Однако расчетное число сильно зависит от конкретной модели, так что согласие с наблюдениями едва ли можно считать подтверждением теорий великого объединения.

Пока большая часть усилий была направлена на объединение трех видов физических взаимодействий: электромагнетизма с сильными и слабыми ядерными силами. Четвертым, и последним, взаимодействием — гравитацией — пренебрегали. Одним из оснований для этого является слабость гравитационного взаимодействия: квантовые гравитационные эффекты станут заметны лишь при энергиях частиц, далеко превосходящих достигнутые в любом ускорителе. Другим — ненормируемость гравитации: чтобы получить конечные ответы, по-видимому, надо сделать бесконечное число вычитаний с соответственно бесконечным числом неопределенных конечных остатков.

Тем не менее, если есть стремление получить полную единую теорию, надо включать и гравитацию. Более того, классическая ОТО предсказывает, что должны существовать сингулярные точки пространства — времени, где гравитационное поле становится бесконечно сильным. Такие сингулярности должны были возникнуть в прошлом в начале существующего сейчас расширения Вселенной (Большой взрыв); они возможны в будущем при гравитационном коллапсе звезд и, возможно, самой Вселенной. Предсказание сингулярностей, по-видимому, указывает на нарушение классической теории. Однако не видно оснований для этого нарушения, пока гравитационное поле не стало настолько сильным, что приобрели значение квантовые гравитационные эффекты. Поэтому, квантовая теория гравитации существенна, если мы собираемся описывать раннюю Вселенную и дать какое-то объяснение начальным условиям помимо обращения к антропологическому принципу.

Такая теория нужна также, если мы

хотим дать ответ на вопросы: действительно ли время имеет начало, а возможно, и конец, как это предсказывается классической ОТО; а может быть квантовые эффекты каким-то образом размывают сингулярность Большого взрыва и «Большого сжатия»? Это очень трудные вопросы, которым нелегко даже придать хорошо определенный смысл, в ситуации, когда объектом действия принципа неопределенности становится сама структура пространства — времени. Мое личное ощущение таково: сингулярности, наверно, все же есть, хотя в каком-то математическом смысле время можно продолжить и за ними. Однако любое интуитивное представление о времени, основанное на сознании или способности производить измерения, теряет смысл.

САМЫЙ ВЕРОЯТНЫЙ ИЗ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ МИРОВ

Каковы же перспективы построения квантовой теории гравитации и объединения ее с тремя другими видами взаимодействий? Похоже, что лучшие надежды связаны с супергравитацией, расширением общей теории относительности.

В этой теории гравитон, частица со спином 2, переносщая гравитационное взаимодействие, связан так называемыми суперсимметричными преобразованиями с рядом других полей низшего спина. Величайшее достоинство теории в том, что она покоилась со старым разделением на «вещество», представленное частицами полупространства, и «взаимодействия», представленные частицами целого спина. Она также имеет то большое преимущество, что многие из бесконечностей, возникающих в квантовой теории, взаимно сокращаются. Пока неизвестно, сокращаются ли они все и приводит ли это к теории, конечной без всяких вычитаний. Есть надежда, что это так, поскольку можно показать, что теории с гравитацией либо конечны, либо неперенормируемы. Иначе, если надо сделать какие-то вычитания бесконечностей, то понадобится их сделать бесконечное число раз с соответственно бесконечным числом неопределенных остатков.

Таким образом, если окажется, что все бесконечности в супергравитации взаимно сокращаются, мы получим теорию не только полностью объединяющую все частицы вещества и взаимодействий, но такую, которая также и полна в том смысле,

что не содержит никаких неопределенных перенормировочных параметров.

Хотя у нас еще нет правильной квантовой теории гравитации, не говоря уж о теории, объединяющей ее с другими физическими взаимодействиями, у нас есть представления о некоторых чертах, которые должны быть присущи такой теории. Одна из них связана с тем, что гравитация влияет на причинную структуру пространства — времени, т. е. определяет, какие события могут быть причинно связаны друг с другом. В классической ОТО такой пример дает нам черная дыра, область пространства — времени, где гравитационное поле настолько сильно, что свет или любой другой сигнал притягивается назад в эту область и не может ускользнуть во внешний мир. Интенсивное гравитационное поле вблизи черной дыры вызывает рождение пар частиц и античастиц, одна из которых падает в черную дыру, а другая уходит на бесконечность. Выглядит так, как будто эта частица испущена черной дырой. Наблюдатель на некотором расстоянии от черной дыры может проводить измерения лишь с выходящими частицами, но не может установить их связь с частицами, которые упали в черную дыру и которые для него ненаблюдаемы. Это означает, что у уходящих на бесконечность частиц имеется дополнительная степень случайности или непредсказуемости сверх тех, которые обычно связываются с принципом неопределенности. В обычных условиях принцип неопределенности подразумевает, что можно определенно предсказать или положение, или скорость частицы, или некоторую комбинацию положения и скорости. Таким образом, возможность делать определенные предсказания, грубо говоря, уменьшается наполовину. Однако в случае частицы, испущенной черной дырой, невозможность наблюдать за происходящим внутри дыры означает, что нельзя определенно предсказать ни положение, ни скорость испускаемых частиц. Единственное, что можно предсказать, так это вероятность испускания частиц в определенных состояниях.

Вследствие этого кажется, что, даже найдя единую теорию, мы сможем делать лишь статистические предсказания. Нам также придется отказаться от предположения, что мы наблюдаем все время одну и ту же единственную Вселенную. Вместо этого мы должны будем принять картину существования ансамбля всех возможных вселенных с некоторым распреде-

лением вероятностей. Это может объяснить, почему Вселенная при Большом взрыве началась с состояния почти полного термодинамического равновесия: это состояние соответствует наибольшему числу микроскопических конфигураций и поэтому имеет наибольшую вероятность. Подражая вольтеровскому философу Панглосу можно сказать: «Мы живем в самом вероятном из всех возможных миров».

Каковы же перспективы найти в не столь отдаленном будущем полную единую теорию?

Каждый раз, как мы распространяли свои наблюдения на область все меньших расстояний и больших энергий, мы открывали новые «слои» в структуре вещества. В начале столетия открытие броуновского движения с типичной энергией частицы $3 \cdot 10^{-2}$ эВ показало, что вещество не является непрерывным, но состоит из атомов. Вскоре после того было обнаружено, что эти предположительно неделимые атомы состоят из ядер и вращающихся вокруг них электронов с энергиями порядка нескольких электронвольт. В свою очередь было найдено, что ядра состоят из так называемых элементарных частиц, протонов и нейтронов, удерживаемых вместе ядерными силами с энергией связи порядка 10^6 эВ. Самый последний эпизод этой истории — кварки в составе протонов и нейтронов, удерживаемые там силами с энергией связи около 10^9 эВ. О том, как многого мы уже достигли в теоретической физике, свидетельствует та дань, которую нам приходится за это платить: для того чтобы осуществить опыт, результаты которого мы не можем предсказать, приходится строить грандиозные ускорители и расходовать большие деньги.

Наш прошлый опыт дает основания предположить, что существует бесконечная последовательность слоев в структуре вещества, проявляющихся при все более и более высоких энергиях. Такая точка зрения о все уменьшающихся коробочках внутри коробочек была официальной догмой в Китае при «банде четырех». Повидимому, гравитация все же положит этому предел, но лишь при очень малых расстояниях 10^{-33} см, или очень высоких энергиях 10^{28} эВ. На расстояниях, меньших 10^{-33} см, следует ожидать, что пространство — время перестанет вести себя как однородный континуум и вследствие квантовых флуктуаций гравитационного поля приобретет пенообразную структуру.

Существует громадная неисследованная область между нашими современ-

ными экспериментальными возможностями (10^{10} эВ) и гравитационным пределом (10^{28} эВ).

Может показаться наивным предположение, что в этом чудовищном интервале энергий имеется всего лишь один или два структурных слоя, как это делается в теориях великого объединения. Однако существуют и основания для оптимизма: по крайней мере в данный момент кажется, что гравитация может быть объединена с другими физическими взаимодействиями лишь в рамках одной из теорий супергравитации. Оказывается, что число таких теорий конечно. В частности, наиболее полная из них — так называемая расширенная супергравитация $N=8$. Она содержит 1 гравитон, 8 частиц со спином $3/2$, называемых гравитино, 28 частиц со спином 1, 56 частиц со спином $1/2$ и 70 частиц со спином 0. Как ни велики эти числа, их не хватает для описания всех частиц, появляющихся в сильных и слабых взаимодействиях. Например, в теории $N=8$ имеется 28 частиц со спином 1. Этого достаточно для описания глюонов, переносящих сильные взаимодействия, и двух из четырех частиц, переносящих слабые взаимодействия, но две другие частицы в этот набор не входят. Поэтому приходится предположить, что многие или большинство из наблюдаемых частиц, таких как кварки или глюоны, на самом деле не элементарны, как это сейчас кажется, но являются связанными состояниями фундаментальных частиц теории $N=8$. Совсем не похоже, чтобы в обозримом будущем или даже когда-либо вообще у нас появились ускорители, достаточно мощные для исследования этой составной структуры, особенно если основывать прогнозы на существующих экономических тенденциях. Тем не менее то обстоятельство, что связанные состояния возникают в хорошо определенной теории $N=8$, должно позволить нам сделать ряд предсказаний, которые могут быть проверены при энергиях, доступных уже сейчас или в ближайшем будущем. Ситуация может быть похожей на положение с теорией Вайнберга — Салама, объединившей электромагнетизм со слабыми взаимодействиями. Предсказания этой теории для низких энергий так хорошо согласуются с наблюдениями, что теория сейчас стала общепринятой, хотя мы еще не достигли энергии, при которой объединение действительно должно произойти.

В теории, описывающей Вселенную, должно быть нечто совершенно особенное. Почему именно эта теория претворе-

на в жизнь, в то время как другие существуют лишь в головах своих создателей?

Теория супергравитации $N=8$ имеет некие претензии быть особенной. По-видимому, она может оказаться единственной теорией: 1) действующей в четырех измерениях; 2) включающей гравитацию, 3) конечной без каких-либо вычитаний.

Я уже отмечал, что третье свойство необходимо, если мы хотим иметь полную теорию без свободных параметров. Однако трудно объяснить свойства 1) и 2) без обращения к антропологическому принципу. Можно представить себе последовательную теорию, удовлетворяющую свойствам 1) и 3) и не включающую гравитацию. Но в такой Вселенной, возможно, не хватит сил притяжения, чтобы собрать вещество в большие совокупности, необходимые для развития сложных образований. Вопрос, почему пространство — время четырехмерно, лежит вне сферы физики, как это обычно принято считать. Однако и для этого тоже имеется хороший антропологический аргумент. Ясно, что трехмерный мир, т. е. двумерное пространство плюс время, явно «тесен» для любого сложного организма. С другой стороны, если бы число пространственных измерений превышало три, орбиты планет вокруг Солнца и электронов вокруг ядер были бы нестабильны и имело бы место падение по спирали. Остается возможность многомерного времени, но такой мир лично мне трудно даже представить.

КОНЕЦ ФИЗИКОВ-ТЕОРЕТИКОВ ИЛИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ?

До сих пор я неявно предполагал, что полная теория Вселенной существует. Но так ли это? Имеется по крайней мере три возможности: 1) существует полная единая теория; 2) окончательной теории нет, но имеется бесконечная последовательность теорий — таких, что любой результат произвольного набора наблюдений может быть предсказан, если взять теорию, находящуюся достаточно далеко в этой цепочке; 3) теории совсем нет: за некоторой чертой наблюдения не могут быть ни описаны, ни предсказаны, они просто произвольны.

Этот последний взгляд был развит как аргумент против ученых XVII—XVIII столетий. «Как могут они формулировать законы, которые лишают Господа свободы изменить свое мнение?». Тем не менее они это сделали и выиграли состязание. В наше время мы практически

уже избавились от третьей возможности, включив ее в наши теории: квантовая механика является, по существу, теорией того, что мы не знаем и не можем предсказать.

Вторая возможность равнозначна картине бесконечной последовательности новых структур при все более и более высоких энергиях. Как я уже говорил, это представляется неправдоподобным, поскольку ожидается существование предела при планковской энергии 10^{28} эВ. Таким образом, остается лишь первая возможность.

В настоящий момент единственный видимый кандидат — это теория супергравитации $N=8$. Похоже, что в ближайшие несколько лет будут проделаны решающие расчеты и, возможно, они покажут неудовлетворительность этой теории. Если же теория выдержит эти испытания, пройдут еще годы, прежде чем мы разовьем вычислительные методы, необходимые для того, чтобы делать предсказания, и сможем найти объяснение начальным условиям для Вселенной и вывести законы физики, действующие локально. И здесь будут возникнуть замечательные задачи для физиков-теоретиков в течение ближайших лет двадцати или около того. Но чтобы закончить на несколько тревожной ноте, хочу сказать, что, возможно, большим временем они располагать не будут. Уже сейчас компьютеры оказывают в исследованиях полезную помощь, но они должны управляться человеческим мозгом. Однако, если экстраполировать их современный быстрый темп развития, кажется вполне возможным, что они возьмут на себя всю теоретическую физику. Так что может быть уже виден конец профессии физика-теоретика, если не самой теоретической физики.

Перевод с английского И. Н. Арутюнян

ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ДОГЕЛЬ

К 100-летию со дня рождения

Исполнилось сто лет со дня рождения выдающегося советского зоолога, одного из первых лауреатов Ленинской премии, члена-корреспондента АН СССР, профессора Ленинградского университета, автора многочисленных статей в нашем журнале — Валентина Александровича Догеля [26.II(10.III)1882—1.VI 1955]. Каждому биологу хорошо известны основополагающие труды В. А. Догеля по протозоологии, эмбриологии, сравнительной анатомии беспозвоночных и паразитологии. Учебники и монографии его по этим дисциплинам не потеряли своей актуальности до сих пор, а начатые им работы в области экологической паразитологии выросли в новое научное направление. В. А. Догель по праву считается создателем большой

научной школы не только в нашей стране, но и за рубежом.

В этом номере мы хотим познакомить читателей с многогранной научной и педагогической деятельностью В. А. Догеля. О своем учителе, ученом и педагоге рассказывают член-корреспондент АН СССР, профессор Ленинградского университета, заведующий лабораторией цитологии одноклеточных организмов Института цитологии АН СССР Ю. И. Полянский и паразитолог из ГДР профессор Л. В. Реймер. Научному наследию В. А. Догеля посвящена статья кандидата биологических наук, старшего научного сотрудника Института истории естествознания и техники АН СССР Л. В. Чесновой.

«Мы — ученики Догеля!»

Ю. И. Полянский,
член-корреспондент АН СССР
Ленинград

Свыше четверти века прошло с тех пор, как Валентин Александрович Догель ушел из жизни, но образ его в сознании учеников и всех тех, кто имел счастье встречаться и работать с ним, остается столь же ярким и незабываемым, как и в те дни, когда он был среди нас. И это не только потому, что он — выдающийся ученый, вклад которого в науку трудно переоценить, а и потому, что был большим человеком, учителем в самом возвышенном смысле этого слова... Мне выпало счастье работать рядом с ним свыше 30 лет,

и хочется в этих немногих строках вспомнить некоторые его черты.

Я пришел на кафедру зоологии беспозвоночных Петроградского университета, возглавляемую Догелем, когда был студентом первого курса, осенью 1921 г.; получил рабочее место и приступил к «большому практикуму» по зоологии беспозвоночных. С тех пор моя жизнь была неразрывно связана с В. А. Догелем, даже и в те годы, когда я формально не работал на кафедре. Теплые письма писал мне Валентин Александрович на фронт во вре-

мя Великой Отечественной войны. Всячески помогал наладить работу по паразитологии рыб, когда я работал на Мурманской биологической станции. Сюда он направлял мне своих учеников-паразитологов в качестве лаборантов, что позволяло держать тесную связь с родной кафедрой, куда я вновь вернулся, когда «гроза миновала»...

В. А. Догель был, можно сказать, потомственным университетским профессором. Его отец — профессор Александр Станиславович Догель (1852—1922) был гистологом, основателем всемирно известной школы нейрогистологов, заведовал кафедрой в Петербургском университете. Биологические интересы Валентина Александровича проявились еще в детстве, и его путь как зоолога определился задолго до поступления в университет. На естественном отделении физико-математического факультета он работал в Зоотомической лаборатории под руководством Владимира Тимофеевича Шевякова, известного протистолога, профессора зоологии Петербургского университета, ученика немецкого зоолога Отто Бючли, ассистентом которого он был несколько лет в Гейдельберге, а затем возвратился в Петербургский университет. Протистологические интересы молодого Догеля, несомненно, сложились под влиянием Шевякова, о чем Валентин Александрович и сам рассказывал.

Шевяков был выдающимся педагогом. Он не только блестяще читал лекции, но и организовал на кафедре (в значительной мере используя опыт, полученный в лаборатории Бючли) подготовку научной смены. Это осуществлялось преимущественно через «большой практикум» — особую форму учебной работы, при которой студент получал рабочее место в лаборатории и самостоятельно (без обязательного расписания) изучал ту или иную группу животных. Преподаватель выступал только в роли консультанта. Эта особая форма педагогического процесса, как бы промежуточная между учебной и исследовательской деятельностью, сыграла важную положительную роль в подготовке научной молодежи. Догель, а затем и его ученики, углубили и развили эту форму работы, которая и до сих пор осуществляется на кафедре.

На кафедре зоологии беспозвоночных Догель прошел весь путь от «оставленного при кафедре для подготовки к профессорскому званию» (что соответствует современному аспиранту) до профессора, заведующего кафедрой, которую он получил в 1914 г.

Научная деятельность Догеля освещена в статье Л. В. Чесновой. На этой стороне его деятельности мы не будем останавливаться. Не менее важна его роль как учителя, как главы многочисленной и до сих пор развивающейся научной школы. Делиться своими знаниями, иметь учеников составляло неотъемлемую часть его натуры. Характерной особенностью его деятельности всегда была неразрывная связь научных интересов с учебным процессом. Каждый из читавшихся им курсов превращался в книгу, в монографию и давал начало научному направлению.

С большим успехом в течение всей своей профессорской деятельности Догель вел курс зоологии беспозвоночных. Этот, казалось бы, элементарный вводный курс приобщал начинающих биологов к научной зоологии и, несмотря на свою кажущуюся элементарность, был общепрофессиональным введением в проблемы эволюции и экологии животного мира. Впервые этот курс был напечатан в 1934 г. В 1981 г. вышло его 7-е издание, по которому учатся во всех университетах и во многих педагогических институтах Советского Союза, а также во многих зарубежных странах: в Чехословакии, Югославии, Польше, Вьетнаме и некоторых других. Биологический учебник, существующий полвека, явление исключительное. Разумеется, он не остается неизменным, перерабатывается с каждым изданием. После кончины Валентина Александровича это делают его ученики, но теоретическая, методологическая основа, т. е. эволюционный сравнительно-морфологический и экологический аспект изложения материала, заложенная автором, остается неизменной. Можно утверждать, что почти все биологи Советского Союза, учившиеся в университетах, в какой-то мере, через учебник, могут считать себя учениками Догеля...

В 20-х годах Догель начал работать над курсом сравнительной анатомии беспозвоночных. Это был творческий процесс, в результате которого появилась его известная двухтомная монография «Сравнительная анатомия беспозвоночных». В ней сосредоточен колоссальный фактический материал. Но не только в этом его научная ценность. По ходу работы над курсом Догель пришел к ряду важных теоретических выводов по вопросам о морфо-физиологических закономерностях эволюции, которые вылились в стройное учение о роли олигомеризации и полимеризации в эволюции животных. Монография, посвященная этой проблеме, вышла



ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ДОГЕЛЬ. 1955 г.

в 1954 г. и явилась как бы «лебединой песнью» Валентина Александровича. Ряд крупных зоологов и эмбриологов, принадлежащих к научной школе Догеля, развивают его сравнительно-анатомические эволюционные идеи.

Догель в течение ряда лет читал в университете курс общей протистологии. В ходе его лекций родились многие новые научные идеи, среди которых одной из очень плодотворных была гипотеза о качественном своеобразии морфо-физиологических закономерностей эволюции простейших, о главной роли полимеризации органоидов в их прогрессивной эволюции. На основе этого курса была написана замечательная книга «Общая протистология» (1951), удостоенная Ленинской премии.

Паразитологическое направление исследований Догеля также тесно связано с учебным процессом, с чтением курса

паразитологии. На этой основе родилась «экологическая паразитология», и по сей день успешно развивающаяся и в нашей стране и за рубежом. Первое издание курса «Общей паразитологии» в 1941 г. было важным событием в развитии паразитологии как науки. В этой книге изложены все основные достижения догелевской паразитологической школы и даны перспективы ее дальнейшего развития. В 1947 г. книга была переиздана. В 1962 г. ее расширили и дополнили новыми данными автор этих строк и Е. М. Хейсин; она была издана в СССР, Великобритании и ГДР. Этим самым идеи Догеля получили широкое хождение в Европе и США.

Следует рассказать о стиле руководства Догелем лабораторией, его формах общения со студентами, сотрудниками, коллегами. Одним из самых, я бы сказал, сильных «методов воспитательного воздействия на молодежь» было то, что Вален-



Б. Е. Быховский и В. А. Догель после экспедиции на Каспий. 1932 г.

тин Александрович всегда работал сам, причем не только теоретически, но и своими руками изучал препараты, смотрел в микроскоп, вскрывал животных и т. п. Он никогда не отрывался от экспериментальной работы, и это казалось всем само собою разумеющимся... Своими мыслями он широко делился с окружающими, часто выступал с сообщениями на семинарах кафедры, на заседаниях Общества естествоиспытателей, в деятельности которого он активно участвовал.

Мы все были в курсе того, над чем работает «патрон», что он обдумывает, что волнует его в научном плане. Валентин Александрович никогда не прибегал к принуждению. Он подробно рассказывал о сущности предлагаемой им темы (у него была специальная тетрадка, где записывались подлежащие исследованию вопросы), о месте этой темы в общем круге изучаемых кафедрой проблем. Студент или аспирант, выбравший тему для разработки, не чувствовал себя «кустарем-одинач-

кой», а становился членом научного коллектива. Он добровольно вливался в общий поток исследования. Само руководство Валентин Александрович осуществлял чрезвычайно деликатно и вместе с тем целенаправленно. Взявший тему сам составлял план ее разработки. Догель умел своевременно и тактично вмешаться в работу, указать на недостатки и т. п. К руководству молодежью Догель привлекал своих ближайших помощников. Каждый из нас был как бы «куратором» определенных тем и помогал учителю в руководстве. Таким образом Валентин Александрович воспитывал у своих помощников нелегкое умение не только осуществлять научную работу, но и руководить ею. Сам Догель был всегда в курсе дел всех ведущихся на кафедре исследований, он жил интересами лаборатории.

Характерными чертами облика Догеля была его доброжелательность к людям и большая любовь к ученикам. Это сочеталось с очень высокой требовательностью как к себе, так и ко всем работающим в его коллективе. Мы все его любили, но вместе с тем и побаивались. У него не было «любимчиков», ко всем он относился тепло. Вместе с тем (и это очень характерно для него) не было в его отношениях с учениками никакого панибратства.

С Догелем можно было спорить, не соглашаться. Это ни в какой мере не отражалось на взаимоотношениях. Мне вспоминается такой эпизод в нашей работе с ним. Он много лет занимался систематикой, морфологией, экологией обширной, богатой видами группы инфузорий офриосколецид, населяющих рубец жвачных. Долгое время оставался неясным вопрос, как попадают инфузории в пищеварительный канал молодых животных. На основании некоторых экспериментов Валентин Александрович высказал в печати предположение, что эти инфузории имеют неактивную форму цист, которые и передаются жвачному вместе с кормом (сеном, травой и т. п.). Эстафету исследования офриосколецид он передал своим ученикам — А. А. Стрелкову и мне — и мы в ряду других вопросов занялись исследованием путей заражения жвачных инфузориями. Полученные нами экспериментальные данные полностью противоречили тому, что писал Догель. У нас получалось, что у офриосколецид никаких цист нет, а заражение происходит «изо рта в рот» активно подвижными инфузориями, попадающими в ротовую полость при жвачке. И вот



В. А. Догель среди сотрудников Петергофского биологического института, 1920 г. Стоят (слева направо): А. П. Римский-Корсаков, М. М. Исакова, А. В. Фурсенко, Н. Н. Пуликовская, С. Н. Насонова; сидят: А. П. Владимирский, В. А. Догель, В. М. Исаев.

пришел момент, когда мы решили показать «патрону» результаты своих опытов, которые находились в полном противоречии с тем, что было опубликовано им самим. Я никогда не забуду этого разговора. Валентин Александрович внимательнейшим образом ознакомился со всеми протоколами наших опытов, сравнил со своими данными, а затем сказал примерно следующее: «Да, да, голубчики, (так он обычно обращался к ученикам) я допустил ошибку, ваши данные вполне убедительны. Их надо скорее опубликовать...» После этого наши отношения с Валентином Александровичем не только не омрачились, но стали еще более близкими. Думаю, что не каждый руководитель так отнесется к ученикам, которые представляют опровергающие его данные. Глубокая принципиальность и честность — характерные черты Догеля.

Кроме прямых учеников Догеля, имена которых вошли в науку, уже выросли

и работают его духовные внуки и правнуки. Число их велико. Они развивают научные идеи, когда-то высказанные Догелем. Такие идейные последователи есть не только в нашей стране, но и за рубежом. Свидетельство одного из них, известного немецкого паразитолога из ГДР, профессора Л. В. Реймера опубликовано ниже. Назовем лишь немногие имена учеников Догеля, известные среди зоологов нашей страны. В области протозоологии это А. А. Стрелков, М. Г. Петрушевская, Е. М. Хейсин, А. В. Фурсенко, в области паразитологии — Б. Е. Быховский, А. П. Маркевич, Е. В. Гвоздев, Ю. К. Петрушевский, О. Н. Бауер, Т. А. Гинецинская, М. М. Белопольская, В. Б. Дубинин, М. Н. Дубинина, И. Е. Быховская-Павловская, А. В. Гусев, А. С. Лутта, С. С. Шульман, А. С. Мончадский, в области сравнительной анатомии и эмбриологии — А. В. Иванов, В. Л. Вагин, О. М. Иванова-Казас и многие, многие другие.

Уже не так много остается прямых учеников, которые непосредственно работали с Догелем. Бег времени неумолим. Но научные идеи Валентина Александровича и по сей день имеют не только историческое значение, они живут и развиваются. И те, кто работал с ним, с чувством гордости и благодарности говорят: «Мы — ученики Догеля!»

Мой путь к Догелю

Профессор **Л. В. Реймер**

Педагогический институт им. Лизелотты Геррман
Гюстров, ГДР

Научное наследие В. А. Догеля сыграло большую роль в моей творческой деятельности. Работая сначала в области гидробиологии, в 1958 г. я перешел на паразитологическое отделение биологической станции в Хиддензее, при Грейфсвальдском университете имени Эрнста-Морица Арндта, и приступил к паразитологическим исследованиям — начал изучать гельминтов птиц и их стадии развития в моллюсках и других промежуточных хозяевах, включая рыб. Руководитель отделения, заведующий кафедрой зоологии Грейфсвальдского университета проф. Л. Кейльбах был зоологом широкого профиля, но паразитологией не занимался. Он обещал мне свою помощь, порекомендовал обратиться за консультациями к специалистам. Моя задача была не только собрать и обработать материал, но и найти пути его оценки, т. е. разработать какое-то научное направление. И вот в том же году я познакомился с книгой В. А. Догеля, Ю. И. Полянского, Ю. А. Петрушевского «Основные проблемы паразитологии рыб» (1958), которая оказалась для меня неоценимой. Ведь в этой книге не только приведен огромный фактический материал, но красной нитью проходит идея экологического подхода к паразитологии. Благодаря этой книге, я ознакомился с публикациями советской паразитологической школы, созданной Догелем. Я постарался не только описывать гельминтофауну птиц, но и связывать ее с распространением и биологией птиц, с абиотическими и биотическими факторами, образующими среду обитания хозяина. В изучении образа жизни и распространения паразитов и их хозяев в экосистеме я использовал свой гидробиологический опыт. Водоплавающие птицы, гельминтоз которых я изучал, встречаются в районе Хиддензее в основном на пролете лишь в определенные сезоны. Здесь в Хиддензее встречаются птицы, гнездящиеся в умеренном климате, а на зимовку улетающие на

юг, и такие, которые гнездятся на севере Европы, в частности на севере СССР, а зимуют у нас. В связи с этим обстоятельством возник ряд параллелей с работами ленинградской школы. Экологическая паразитология полностью соответствовала моим представлениям и результатам работы и стала ориентиром в дальнейших исследованиях, как будто Догель был моим непосредственным учителем. Этому способствовал и выход в 1963 г. немецкого перевода его «Общей паразитологии», а также мое личное знакомство с учеником Догеля О. Н. Базузом в Праге в 1967 г. Из бесед с ним у меня сложилось представление о личности Догеля. Меня поразило, с какой любовью и уважением вспоминают о нем его ученики и как энергично развивают его научное наследство.

Второй этап моей научной деятельности был связан с паразитами рыб Балтийского моря. При осмысливании собранного материала возникла необходимость сопоставлений, поскольку содержание солей в различных участках Балтийского моря определяет границы обитания некоторых гельминтов и на основании этих данных можно судить о проникновении рыб в зоны различной солености. И в этом случае основополагающие положения я нашел в работах Догеля. Уже не говоря о том, что он сам изучал рыб Балтийского моря под Ленинградом (1933, 1936), его исследования по осетровым Каспийского моря (1938) оказались для меня крайне полезными. Использование паразитов как живых меток рыб стало важным методом, применяемым во многих странах. Исследования в этом направлении, осуществленные совместно с Институтом морского рыбного хозяйства, определили мои интересы на многие годы.

Создатель экологической паразитологии

Л. В. Чеснова,
кандидат биологических наук
Москва

Написать о творчестве выдающегося ученого — задача нелегкая, особенно если ты не был его современником, учеником и даже непосредственным участником прошедших событий. Почему же автор этих строк решился на подобный шаг?

Труды Валентина Александровича Догеля — «Общая протистология», «Общая паразитология», «Олигомеризация гомологичных органов — как один из главных путей эволюции животных» — произвели на меня незабываемое впечатление. Позже мне посчастливилось услышать и прочесть воспоминания о нем его учеников и коллег: А. П. Маркевича, Ю. И. Полянского, Б. Е. Райкова, С. А. Гоара. Все услышанное и прочитанное помогло воссоздать образ ученого, воплотившего в своем творчестве главную идею современной науки — идею стремительного взаимопроникновения и взаимообогащения отдельных направлений и дисциплин, которые в начале нашего столетия рассматривались не только как самостоятельные, но и весьма далекие друг от друга.

Протистология, экология, паразитология, сравнительная анатомия — Догель увидел в них не только общие проблемы и методы исследования, но, благодаря дару провидения, сумел создать на их основе комплексные направления и дисциплины, прийти к важным теоретическим выводам.

Какими же путями шел Догель к созданию своей концепции?

Первое, с чего начал Догель, была протистология, интерес к которой он воспринял от своего учителя, блестящего знатока инфузорий и радиолярий, В. Т. Шевякова. Изучением этого огромного типа животного мира Догель занимался и на Мурманской биологической станции (1903, 1904), и на Неаполитанской зоологической станции. Удивительные по своей простоте и одновременной сложности строения простейшие организмы интересовали Догеля

во время его экспедиции в Восточную Африку (1914) и позже (20—30-е годы) — на Дальний Восток.

Обработку полученных сборов, давшую огромный научный материал, чрезвычайно важный как в теоретическом, так и в практическом отношении, Догель продолжал до конца своей жизни.

В ряду протистологических работ Догеля, посвященных систематике, филогении, морфологическим закономерностям эволюции и другим как частным, так и общебиологическим вопросам особое место занимает его уникальная монография «Общая протистология». В этом обширном труде впервые дан критический анализ развития протистологии за весь период ее существования. Помимо освещения всех сторон строения, жизнедеятельности и эволюции простейших, автор, пожалуй, впервые так подробно осветил многие сложные вопросы, связанные с их размножением и жизненными циклами. Содержание глав книги целиком построено на оригинальном материале.

Исследуя простейших, Догель постоянно сталкивался как со свободноживущими, так и с паразитическими формами, находящимися в совершенно разных условиях существования. Перед глазами экспериментатора проходили многочисленные примеры разнообразного влияния экологических факторов на жизнедеятельность простейших. Вполне естественно, что Догеля крайне интересовали все оттенки этого влияния. Изучая, например, богатую фауну жгутиконосцев (экспедиционные сборы из Восточной Африки) — обитателей кишечника термитов, находящихся с ними в тесных симбиотических отношениях, Догель обнаружил удивительный факт: паразитические жгутиконосцы, длительно существуя в таких специфических условиях, достигли чрезвычайно высокого уровня дифференцировки своего «тела», намного

превосходящего уровень развития свободноживущих видов.

Еще более интересные данные получил Догель при изучении своих «излюбленных» объектов — паразитических инфузорий, офриосколецид, обитателей рубца жвачных животных. Оказалось, что под влиянием специфической среды обитания, каковой являлось содержимое рубца, у инфузорий формируются в процессе их эволюционного развития различные способы питания. Одни из этих простейших разгрызают растительные ткани на более мелкие части, размельчая тем самым пищу хозяина; другие виды питаются бактериями, развивающимися в рубце. Удалось наблюдать среди офриосколецид и хищников, которые поедая других, более мелких инфузорий.

Изучая офриосколецид, Догель столкнулся с очень широкой внутривидовой изменчивостью этих простейших, зависящей от различных условий среды обитания¹. Наконец, Догелю и его ученикам удалось установить влияние на определенные стороны физиологии инфузорий таких экологических факторов, как минеральный и солевой состав среды обитания, степень ее увлажнения.

По существу, Догель наблюдал возникновение экологической системы организмов со сложными взаимоотношениями ее членов, разнообразными трофическими (пищевыми) связями. Подобное же формирование живого комплекса организмов, адаптированного к строго определенным экологическим условиям, зафиксировал Догель и у слизистых споровиков-микоспоридий, паразитов различных семейств рыб².

Глубокие протистологические исследования привели Догеля к главному выводу: условия среды обитания организмов активно влияют на многие стороны жизнедеятельности организмов, особенно паразитических. Уже тогда (в 20—30-е годы) Догелю было ясно, что ответная реакция паразитов проявляется не только в возникновении у них целого «букета» самых удивительных и разнообразных эволюционных приспособлений, но и в формировании экологических комплексов ор-

ганизмов, тесно пригнанных друг к другу и к среде обитания — хозяину.

Отсюда и возник перед Догелем более широкий вопрос: а как же влияет среда обитания, ее изменения, на всю паразитофауну организма-хозяина в целом?

В многолетних поисках ответа на этот вопрос выросла и окрепла многочисленная научная школа талантливых учеников Догеля, сформировалась новая отрасль биологии — экологическая паразитология, которая воплотилась в огромном числе конкретных исследований.

Работы эти с самого начала не были случайными. Они осуществлялись по разработанной Догелем долгосрочной программе, которая ставила большие теоретические задачи и одновременно была самым тесным образом связана с запросами практики. Созвучно этим тенденциям Догель сформулировал основную цель исследований: выявить закономерности, управляющие подбором общего состава паразитофауны различных животных, и определить причинную связь между динамикой паразитофауны животного-хозяина и различными факторами внешней среды, а также изменениями экологии и физиологии хозяина. Кроме того, необходимо было выявить закономерности и предсказать сдвиги в паразитофауне при изменении экологии хозяина. Это направление приобретало чрезвычайно важную роль при разработке мер борьбы с паразитарными болезнями животных и человека.

Возникла еще одна проблема — на каких же объектах нужно изучать изменения паразитофауны? В первую очередь, на рыбах. Почему именно на них? Да потому, что эти позвоночные богаты по видовому составу, крайне разнообразны по своей биологии и экологии.

Примерно в эти же годы Догель возглавил лабораторию паразитов и болезней рыб в ГосНИОРХе³ (куда был приглашен выдающимся ихтиологом и географом академиком Л. С. Бергом). Здесь он получил широкие возможности проводить экспедиционные и стационарные эколого-фаунистические исследования на рыбах. Заведовал лабораторией Догель до конца жизни.

В 30—40-х годах Догель организовал многочисленные паразитологические экспедиции (Кандалакшский залив Белого моря, Аральское море, Каспий, бассейны рек

¹ Более детально, с экспериментальной проверкой это положение было доказано Ю. И. Полянским и А. А. Стрелковым в 1938 г., а в 1940 г. — С. Г. Киль.

² Проблема экологии и специфичности микоспоридий позднее была разработана учеником В. А. Догеля С. С. Шульманом.

³ Всесоюзный научно-исследовательский институт озерного и речного хозяйства.

Дальнего Востока и оз. Байкал), в некоторых сам принимал активное участие.

Наиболее яркое, ставшее теперь в какой-то мере классическим, экспедиционное исследование Догеля и его ученика Г. К. Петрушевского было посвящено учению паразитофауны проходной рыбы лосося (семги). Обнаружилось, что у молодки, обитающей в верховьях рек, паразитофауна развивается постепенно, а резкая качественная смена ее происходит, когда рыба уходит на нагул в море, где пресноводные паразиты заменяются морскими. При возвращении же для размножения в реки рыба прежде всего освобождается от наружных паразитов, подвергающихся непосредственному воздействию пресной воды. Затем постепенно исчезают кишечные паразиты, фауна же полостных паразитов остается постоянной, ибо почти не меняются физиологические условия их жизни. Полученные данные блестяще подтвердили основной методологический принцип исследований Догеля в области экологической паразитологии: роль и значение условий существования паразитирующих организмов и физиологического состояния хозяина в формировании паразитофауны.

Особенно широко исследованы Догелем и его учениками эколого-географические особенности распространения паразитов промысловых рыб. Была установлена, в частности, зависимость паразитофауны от области распространения хозяина, от степени его изоляции, а также влияние на качественный и количественный состав паразитофауны хозяйственной деятельности человека. Эти выводы имели и имеют существенное значение и учитываются при акклиматизации рыб.

Подобным же образом изучалась паразитофауна перелетных птиц, экология которых также, по словам Догеля, полна резких перемен и контрастов, в несколько меньшем объеме им исследованы паразиты земноводных и пресмыкающихся.

Все эти работы выполнялись на кафедре зоологии беспозвоночных Ленинградского университета и в лаборатории зоологии беспозвоночных Петергофского биологического института. Питомцы этой кафедры составили основное ядро научной школы Догеля.

Каковы же основные достижения Догеля и его школы в экологической паразитологии? В многочисленных статьях и сводках, в получившем всемирное признание капитальном труде «Общая паразитология», Догель глубоко проанализировал открытые им и его учениками закономер-

ности и вывел 18 основных правил экологической паразитологии, которые вошли в науку под названием «правил экологической паразитологии Догеля». В них отражены общие закономерности динамики паразитофауны от возраста хозяина и от таких экологических факторов, как время года, климат, режим питания и характер пищи хозяина, наконец, образа жизни паразита и места обитания.

Подход к паразитизму, его изучению с экологической точки зрения позволило Догелю рассматривать паразитофауну животных, как своеобразный биоценоз с собственными связями. Вытекающая отсюда необходимость в изучении паразитических организмов как биоценотической совокупности поставила развитие паразитологии на новый методологический фундамент. Идеи Догеля оказались чрезвычайно плодотворными. Так, уже в наши дни сложилась тесная связь между паразитологическими и биоценологическими исследованиями. Именно благодаря этой связи определилось новое положение паразитологии (паразиценологии) в системе биологических знаний как части комплексной науки — биоценологии⁴.

Но снова вернемся к концу 20-х годов, времени, когда Догель закончил свои исследования по инфузориям семейства офриосколецид и издал о них специальную монографию⁵. Изучение этого семейства привело ко многим новым идеям. Одна из них, пожалуй, наиболее значимая, была высказана в монографии в виде предположения, что в пределах изучаемой группы прогрессивная эволюция ведет к количественному увеличению органоидов (полимеризация). Как же широко распространен среди простейших подобный способ прогрессивной эволюции? Догель проводит многочисленные проверки, сопоставления, сравнения. И вот вывод — ведущим принципом в прогрессивной морфофизиологической эволюции простейших является полимеризация. Положение это было развито и экспериментально обосновано Догелем в специальной работе 1929 г.⁶

⁴ Биоценологический подход в паразитологии одновременно с В. А. Догелем развивал Е. Н. Павловский и его школа. Созданные им концепции организма как среды обитания и паразитоценозов заложили фундамент новых перспективных направлений в экологической паразитологии.

⁵ Dogiel V. A. Monographie der Familie Ophryoscolecidae. Jena, 1927.

⁶ Dogiel V. A. Polymerisation als ein Prinzip der progressiven Entwicklung bei Protozoen. — Biol. Zentralbl. 1929, B. 49 (8).

А перед исследователем уже возникает следующий вопрос: каким образом идет эволюционное развитие многоклеточных организмов? Для ответа на этот вопрос необходимы были многочисленные сравнительно-анатомические изыскания. Здесь мы сталкиваемся еще с одной чрезвычайно характерной чертой деятельности Догеля. Догель-исследователь был неотделим от Догеля-преподавателя. Как известно, в течение многих лет он читал в Ленинградском университете курс сравнительной анатомии. Чтение это носило особый характер. Каждый год содержание менялось в зависимости от того, какая система органов беспозвоночных животных анализировалась в сравнительно-анатомическом плане. Анализ этот базировался на изучении лектором всей специальной литературы от капитальных монографий до текущей периодики. По существу, как подготовка к этим лекциям, так и само изложение критически просмотренного материала служили Догелю своеобразной творческой лабораторией. Постепенно продумывая материал курса, Догель находил ему новое объяснение. По ходу его чтения рождались оригинальные гипотезы, фундаментальные обобщения. Обучая своих слушателей, Догель учился и сам. Ю. И. Полянский вспоминает, что эти лекции посещали не только студенты, но и преподаватели кафедр, многие специалисты из других учебных заведений. На основе этого курса Догель создал оригинальную двухтомную сводку по сравнительной анатомии беспозвоночных, которая была одновременно и учебным пособием и блестящей научной монографией⁷.

Многочисленные факты, выявленные и критически переосмысленные Догелем при подготовке этого курса, и привели исследователя к открытию нового количественного этапа морфологической эволюции беспозвоночных — олигомеризации. «Сама идея олигомеризации в значительной степени могла возникнуть лишь в стенах университета, чему способствовало личное знакомство с огромным разнообразием животных форм на лекциях и занятиях», — писал Догель.

Подходя с количественной оценкой к эволюционным преобразованиям животных в зависимости от уровня их организации, Догель установил, что на одноклеточном

уровне прогресс связан с полимеризацией. На уровне же многоклеточной организации эволюционное развитие приводит к уменьшению числа гомологичных органов и сопровождается высокой прогрессивной дифференцировкой органов. Этот процесс был назван Догелем олигомеризацией. Проследив эволюцию различных органов у беспозвоночных, он установил ряд закономерностей олигомеризации. Для наименее развитых групп многоклеточных организмов, располагающихся в основе стволов филогенетического древа и образующих, по образному выражению Догеля, «исходный фонд олигомеризации», закладка органов носит множественный, и в большинстве своем, неупорядоченный характер. Следующая же ступень эволюции связана обычно с уменьшением числа органов, со строго фиксированным их положением, а также с гистологической и функциональной дифференцировкой.

Догель определил также пути и формы олигомеризации. Это, во-первых, наиболее широко распространенная редукция одной части органов при одновременной прогрессивной дифференцировке остающихся. Таким путем, например, произошло сокращение легочных мешков у паукообразных. Во-вторых, слияние гомологичных органов, широко распространенное в эволюции всех групп членистоногих. Особенно показательна в этом смысле олигомеризация их нервной системы. Наконец, в-третьих, более редко встречающийся способ — уменьшение числа органов в результате смены функций.

Оценивая олигомеризацию как наиболее распространенное направление прогрессивной приспособительной эволюции, Догель подчеркивал, что она осуществляется на основе естественного отбора. Причем возникающие приспособления выражают принципиально новое состояние органов и коренное усложнение их функций, словом, носят ароморфный характер.

Второй путь морфологической эволюции — полимеризация — встречается, как отмечал Догель, у многоклеточных гораздо реже, вызывая изменения более частного порядка.

Учение Догеля, дополнившее и расширившее эволюционно-морфологические закономерности эволюции, разработанные А. Н. Северцовым и И. И. Шмальгаузом, явилось закономерным итогом всех его предшествующих исследований. Основополагающая монография по этой проблеме была опубликована за год до смерти

⁷ Догель В. А. Сравнительная анатомия беспозвоночных. Ч. 1—2, Л., 1938—1940 г.

Догеля⁸. Идеи Догеля имеют общебиологическое значение, поэтому так могущественно их влияние на решение целого комплекса филогенетических вопросов.

Отметим, что принцип количественной характеристики эволюционного развития организмов был в дальнейшем плодотворно использован в исследованиях таких блестящих зоологов, как В. Н. Беклемишев, Д. И. Благовещенский, Б. Е. Быховский, А. В. Иванов, Л. А. Зенкевич, а А. Л. Тахтаджян с успехом применил его и к растениям. В 1977 г. Зоологический институт АН СССР провел широкое и представительное совещание, на котором подводились итоги изучения процессов полимеризации и олигомеризации на разных уровнях организации живого. Рассматривалось также значение этих процессов для развития эволюционного учения. Этот факт сам по себе свидетельствует, что концепции Догеля живут и успешно развиваются, выполняя роль теоретической основы для многих современных направлений биологии.

В области протистологии учение о роли полимеризации как прогрессивной формы эволюции на клеточном уровне за последние годы получило дальнейшее развитие в работах ряда советских ученых.

Даже из такого краткого очерка можно видеть, сколь богато научное творчество Догеля, как своеобразен его подход к, казалось бы, хорошо известным фактам и какие неожиданно новые объяснения он им находил! «Искусное и фундаментальное научное мышление» (М. Борн) и дало Догелю редкую возможность оставить глубокий след в истории науки, создав новые направления, плодотворно развивающиеся сегодня, и основав большую научную школу, хранящую и приумножающую бесценное научное наследие своего учителя.

⁸ Догель В. А. Олигомеризация гомологичных органов как один из главных путей эволюции животных. Л., 1954.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Герд С. В. ПЯТЬ ЛЕТ В ЛАБОРАТОРИИ ПРОФЕССОРА В. А. ДОГЕЛЯ.— Учен. зап. Ленингр. гос. пед. ин-та им. А. И. Герцена, 1958, т. 143.

Иванов А. В. ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ДОГЕЛЬ.— В кн.: Люди русской науки. М.: Наука, 1963, 1980.

Марков Г. С. В. А. ДОГЕЛЬ КАК УЧЕНЫЙ ФИЛОСОФ.— Тр. Ин-та зоол. АН КазССР, 1957, т. VII.

Мазурмович Б. Н., Полянский Ю. И. ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ДОГЕЛЬ. М.: Наука, 1980.

Полянский Ю. И. О НАУЧНЫХ ЗООЛОГИЧЕСКИХ ШКОЛАХ ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И ПЕТЕРГОФСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА. Очерк по ист. Ленингр. гос. ун-та, т. 1. Л., 1962.

Полянский Ю. И. ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ДОГЕЛЬ. Л.: Изд-во ЛГУ, 1969.

ПУБЛИКАЦИИ В. А. ДОГЕЛЯ В «ПРИРОДЕ»

ПРОСТЕЙШИЕ КАК СОВЕРШЕННЫЕ ОРГАНИЗМЫ. 1925, № 4, 6.

ПАЗАРИТИЗМ И ОБЩЕСТВЕННАЯ ЖИЗНЬ ЖИВОТНЫХ. 1926, № 11, 12.

ЗУБРЫ И ВОПРОС ОБ ИХ СОХРАНЕНИИ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ. 1927, № 11.

ОНТОГЕНЕЗ И ФИЛОГЕНЕЗ ЖИВОТНЫХ, 1928, № 1.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МНОГОКЛЕТОЧНОСТИ, 1935, № 2.

ОСОБЕННОСТИ ЗАРАЖЕНИЯ КУКУШКИ ПУХОЕДАМИ. 1936, № 8.

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКОЙ СРАВНИТЕЛЬНОЙ АНАТОМИИ В СВЯЗИ С ЕЕ ДОСТИЖЕНИЯМИ ЗА ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ. 1937, № 11.

ОЧЕРКИ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ БИОЛОГИИ (совместно с И. И. Соколовым). Рецензия на книгу: Райков Б. Е. Русские биологи-эволюционисты до Дарвина. 1952, № 7.

Радиотепловое излучение атмосферы Земли

Н. А. Арманд, Б. Г. Кутуза



Неон Александрович Арманд, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института радиотехники и электроники АН СССР. Основные работы связаны с проблемами распространения радиоволн и радиофизическими исследованиями атмосферы, поверхности Земли и планет Солнечной системы. Лауреат Государственной премии СССР.



Борис Георгиевич Кутуза, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией того же Института. Область научных интересов — радиотепловое излучение атмосферы и использование радиофизических методов для зондирования окружающей среды.

Изучение атмосферы и постоянное наблюдение за ее состоянием имеет большое научное и практическое значение. Для этой цели создана большая сеть метеорологических станций, данные наблюдений которых собираются в метеорологических центрах, и на основе их анализа составляются прогнозы погоды. Однако наблюдательные возможности этих станций весьма ограничены — измеряются параметры (температура, давление, влажность) только нижних слоев атмосферы. Лишь относительно малое число станций имеют возможность с помощью шаров-зондов получать высотные разрезы метеорологических параметров.

Все эти данные собираются на основе так называемых контактных измерений, когда прибор (например, термометр) помещается в точку, где измеряется тот или иной параметр (температура). Невозможно себе представить достаточно разветвленную сеть термометров, которая позволила бы измерять температуру атмосферы достаточно подробно (например, с масштабом 50 км по горизонтали и 500 м по вертикали до высоты около 10 км). К тому же 70% земной поверхности покрыто океаном, где такая сеть вовсе немыслима.

Во многих странах давно разрабатывают дистанционные методы исследования атмосферы, когда ее свойства определяют

ся по характеру рассеяния и излучения электромагнитных и акустических волн. Эти методы, несмотря на их относительную сложность, обладают рядом важных достоинств. Главное их преимущество — отсутствие необходимости ставить прибор в ту область атмосферы, свойства которой мы хотим узнать (отсюда и название — дистанционные методы). Соответствующие приборы, установленные на самолетах и искусственных спутниках Земли (или других планет), позволяют получать данные о свойствах атмосферы в пределах больших пространств.

Один из методов дистанционного исследования атмосферы, получивший значительное развитие в последние годы, основан на регистрации сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения атмосферы. Это излучение генерируется зарядами частиц, входящих в состав молекул газовых компонент воздуха, при их хаотическом (тепловом) движении. Поэтому его называют радиотепловым излучением.

Радиотепловое излучение неионизированной части атмосферы Земли (тропосферы и стратосферы)¹ впервые было измерено Р. Дикке с сотрудниками в 1945 г. и с тех пор привлекает внимание многих исследователей. Вначале интерес к исследованию электромагнитных свойств этой части атмосферы был связан в основном с задачами радиолокации и радиоастрономии — из-за необходимости учитывать поглощение и излучение атмосферой радиоволн длиной меньше 3 см. В дальнейшем к изучению радиохарактеристик атмосферы пришлось обратиться в связи с задачами космической связи, дистанционного исследования природных образований и других практических применений.

Излучательная способность атмосферы, в соответствии с законом Кирхгофа, непосредственно связана с явлениями поглощения. В большей части СВЧ-диапазона радиоволн атмосфера Земли практически прозрачна. Однако в некоторых сравнительно узких интервалах этого диапазона имеет место сильное поглощение волн молекулами кислорода, водяного пара и некоторых других газов, входящих в состав атмосферного воздуха. В этих участках спектра сравнительно сильным оказывает-

ся собственное тепловое излучение атмосферы.

В миллиметровом и коротком сантиметровом диапазонах становится заметным поглощение и рассеяние радиоволн частицами облаков и осадков. Здесь интенсивность собственного излучения облачной атмосферы также возрастает. Вообще говоря, интенсивность излучения атмосферы зависит от температуры, давления, содержания водяного пара, концентрации капель в облаках и осадках, размеров капель (и даже их формы). И, конечно, она зависит от длины волны.

Рассматриваемое излучение носит тепловой, или, как говорят, равновесный характер, хотя в целом атмосферу из-за быстрого изменения температуры нельзя считать находящейся в состоянии термодинамического равновесия. Однако это изменение — медленное (по крайней мере, в масштабах длины волны), и поэтому с большой точностью можно считать каждый слой атмосферы находящимся в условиях локального термодинамического равновесия.

Зависимость поглощательных и излучательных свойств атмосферы от метеорологических параметров служит основой для разработки методов исследования состояния атмосферы по поглощению радиоволн в ней или по ее собственному тепловому излучению. Такой способ изучения среды носит название СВЧ-радиометрического метода дистанционного зондирования.

С середины 60-х годов возможность дистанционного зондирования атмосферы вызвала новый интерес к исследованию ее радиоизлучения. При этом центр тяжести был перенесен на изучение поглощательных и излучательных свойств атмосферы, содержащей облака, осадки и турбулентные неоднородности. Были выполнены теоретические работы по исследованию переноса излучения в неоднородной атмосфере, температурной зависимости поглощения в переохлажденных облаках, получены экспериментальные данные по радиоизлучению атмосферы при наблюдениях под разными углами с поверхности Земли и с самолета. На основе этих результатов были построены теоретические модели радиоизлучения облачной атмосферы, разработаны методы определения метеопараметров по измерению спектральных и поляризационных характеристик излучения атмосферы, показаны принципиальные возможности дистанционного зондирования атмосферы с летательного аппарата.

¹ В дальнейшем, чтобы не повторяться, под атмосферой Земли мы будем подразумевать всюду ее неионизированную часть: тропосферу и стратосферу — и речь будет идти об СВЧ-излучении атмосферы.

ОСОБЕННОСТИ ОСЛАБЛЕНИЯ РАДИОВОЛН В АТМОСФЕРЕ

Исследования радиотеплового излучения атмосферы проводятся в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн (частоты от 3 до 300 ГГц). Снизу этот диапазон ограничен тем, что атмосфера практически не излучает. Наблюдается лишь излучение небольшой интенсивности, вызванное нерезонансным поглощением кислорода. Сверху диапазон примыкает к субмиллиметровой области, с переходом в которую поглощение в атмосфере резко возрастает, и последняя становится практически непрозрачной. Коэффициент ослабления радиоизлучения в атмосфере складывается из поглощения в молекулярных газах и мелкокапельных облачных образованиях, а также из поглощения и рассеяния крупными частицами осадков: каплями дождя, градом, снегом и др.

Безоблачная атмосфера. В условиях безоблачной атмосферы поглощение определяется в основном молекулярным кислородом и водяным паром. Молекула кислорода имеет большое число линий поглощения, центр которых расположен вблизи длины волны 0,5 см, и одну одиночную линию на длине волны 0,253 см. У молекулы водяного пара в рассматриваемом диапазоне расположены две резонансные линии вблизи волн 1,35 и 0,64 см. В нижней атмосфере происходит размывание линий за счет высокой частоты межмолекулярных столкновений. Это приводит к тому, что на высотах, меньших 8 км, происходит полное перекрытие линий и образование одной «размытой» полосы сильного поглощения в атмосфере от 0,45 до 0,55 см. Разрешение отдельных линий наступает на высотах более 25 км. На высотах от 40 км проявляется тонкое расщепление линий поглощения в магнитном поле Земли (эффект Зеемана)².

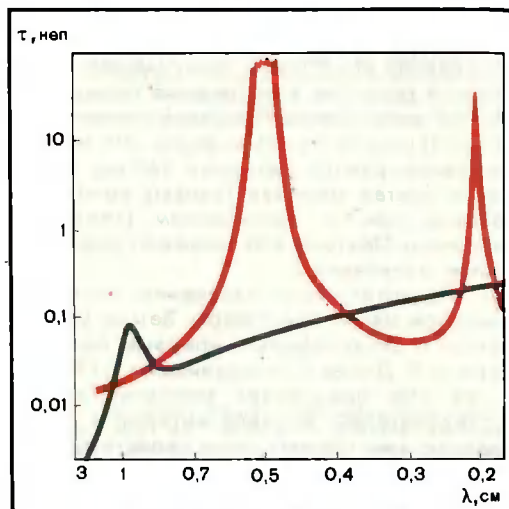
Ввиду высокого постоянства содержания кислорода на заданной высоте изменения поглощения в нем весьма незначительны и определяются в основном колебаниями температуры. Концентрация водяных паров в воздухе, напротив, меняется весьма значительно. Поэтому достаточно сильны и вариации поглощения в атмосферном водяном паре — практически они

пропорциональны вариациям абсолютной влажности.

С изменением плотности воздуха в зависимости от высоты, естественно, меняется и величина коэффициента поглощения. Вне центров линий поглощения эта высотная зависимость приближенно аппроксимируется экспонентой вида:

$$\gamma(h) = \gamma(0)e^{-h/h^*} = \gamma_{O_2}e^{-h/h_1^*} + \gamma_{H_2O}e^{-h/h_2^*}.$$

Здесь $\gamma(0)$ — величина коэффициента поглощения у поверхности Земли, h^* — вы-



Спектры поглощения (зависимость полного поглощения τ от длины радиоволны λ) в кислороде (цветная кривая) и водяном паре (черная кривая), вычисленные для стандартной атмосферы: температура 15°C, давление 760 мм рт. ст., абсолютная влажность 7,5 г/м³, падение температуры при подъеме на 1 км 6,5°C.

сота, на которой поглощение уменьшается в e раз. Для кислорода $h_1^* \approx 5,3$ км, для водяного пара $h_2^* \approx 1,5$ км. Полное поглощение во всей толще атмосферы равно

$$\tau = \gamma(0)h^* = \gamma_{O_2}h_1^* + \gamma_{H_2O}h_2^*.$$

Таким образом, параметр h^* играет роль эквивалентной длины пути радиоволны в атмосфере. В резонансной области, т.е. вблизи центров линий поглощения, высотная зависимость коэффициента поглощения (особенно в кислороде) отличается от экспоненциальной, эквивалентная длина пути возрастает за счет поглощения в верхних слоях атмосферы.

Большое число линий поглощения в

² Подробно о поглощении радиоволн в кислороде и водяном паре см.: Же в а к и н С. А., Наумов А. П. — Известия ВУЗов. Радиофизика, 1967, т. 10, № 9—10, с. 1213.

диапазоне миллиметровых и сантиметровых волн имеет озон, играющий большую роль во многих атмосферных процессах. Существуют экспериментальные данные о поглощении озоном волн длиной 0,3, 0,8, 1 и 1,25 см. В условиях земной атмосферы из-за относительно малой концентрации озона его вклад в поглощение значительно меньший, чем у кислорода и водяного пара. В коротковолновой части миллиметрового диапазона расположены линии поглощения окислов азота, углерода, гидроксила, озона и др. газов. Поглощение здесь, по данным экспериментов, весьма слабое.

Аэростатные измерения в атмосфере на высотах более 20 км показывают рост удельной влажности по сравнению с сухим воздухом нижней стратосферы. О возможности существования в верхней атмосфере повышенных значений влажности говорит также образование серебристых облаков, которые, как принято считать, состоят из частиц пыли с оболочкой из льда. Расчеты показывают, что повышенное содержание водяного пара на высотах 20—50 км должно приводить к заметному подъему поглощения и радиоизлучения атмосферы в окрестности линии 1,35 см. Однако попытки экспериментального обнаружения стратосферной составляющей излучения водяного пара пока не привели к ожидаемому результату.

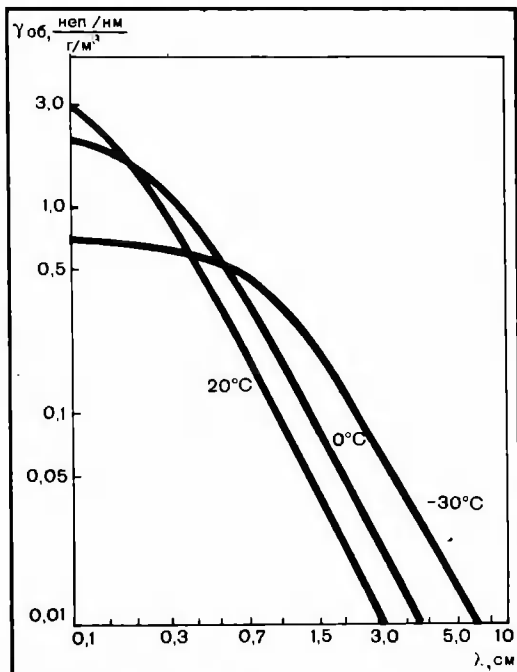
Облачная атмосфера. Ослабление радиоволн в гидрометеорных образованиях (облака, туман, дождь, град, морось и др.) возникает из-за поглощения и рассеяния радиоволн частицами этих образований. Эти эффекты, в свою очередь, зависят от величины диэлектрической проницаемости частиц, их формы и размеров. В теоретических исследованиях частицы рассматриваются часто в виде шаров (что достаточно хорошо, например, для облаков, туманов, но хуже для падающего снега). Задача рассеяния электромагнитных волн шаром была решена уже в 1908 г. немецким ученым Г. Ми, и обсуждение этого и других результатов можно найти в многочисленных статьях и монографиях.

Для капелек облаков и тумана, размер которых существенно мал по сравнению с длиной радиоволны, справедливы условия так называемого рэлеевского рассеяния. В этом случае эффекты рассеяния пренебрежимо малы по сравнению с эффектами поглощения. Для коэффициента поглощения справедливо выражение:

$$\gamma_{об} = C(\lambda, T) \cdot w,$$

где w — содержание воды в единице объе-

ма облака (водность, обычно определяемая в г/м³). Коэффициент $C(\lambda, T)$ не зависит в данном случае от размеров капель. Он выражается через диэлектрическую проницаемость вещества частиц и поэтому зависит от фазового состояния (жидкость, лед), температуры T и длины радиоволн λ . От этих величин, естественно, должно зависеть поглощение и в других гидрометеорах (облаках, тумане, дожде, снеге). Полное поглощение (например, в облаке) пропорционально интегральной водности, или водозапасу, — содержанию воды в столбе воздуха



Зависимость коэффициента поглощения $\gamma_{об}$ от длины радиоволн λ в облаках различной температуры. На длинноволновом участке (2—10 см) поглощение обратно пропорционально квадрату длины волн. На коротких волнах эта зависимость меняется, причем тем сильнее, чем ниже температура облака.

с площадью основания в один квадратный метр. Обычно водозапас выражается в кг/м².

Облака бывают жидкокапельные, кристаллические, а могут иметь и смешанное строение. Фазовое строение облака зависит от температуры. Температура в облачных образованиях колеблется, в основном, от —50 до +20° С. Даже при отрицательных температурах в интервале от —17 до 0° С преобладает жидкокапель-

ная фаза; такое облако называется переохлажденным. Жидкокапельная фаза встречается вплоть до температуры -40°C .

Из-за различия диэлектрических свойств воды и льда поглощение радиоволн в кристаллических облаках, независимо от формы кристаллов, примерно в 100 раз меньше, чем в капельных переохлажденных облаках, имеющих одинаковую с ними температуру и водность. Водность кристаллических облаков обычно меньше жидкокапельных, поэтому поглощением в них можно пренебречь.

В отличие от облачности, размеры капель дождя сравнимы с длиной волны, особенно в миллиметровом диапазоне волн. Поэтому при ослаблении радиоизлучения в слое дождя возникают дополнительные эффекты, такие как резонансное поглощение³ и рассеяние волн, неоднородность рассеяния волн частицами в различных направлениях, многократное рассеяние. СВЧ-спектр ослабления радиоизлучения в дожде существенно зависит от характера распределения капель по размерам и в меньшей степени, чем для облаков, от температуры капель. Резонансные эффекты ослабления приводят к тому, что при одних и тех же значениях водности коэффициент ослабления крупных капель может в 4—5 раз превышать коэффициент ослабления мелких капель.

Сложность процессов рассеяния и поглощения дождями коротких сантиметровых и миллиметровых волн приводит к тому, что при расчетах поглощения приходится пользоваться иногда полумпирическими формулами, связывающими величину поглощения в дожде с его интенсивностью. В общем случае эту зависимость описывают в виде:

$$\gamma_d = A I^a + B I,$$

где I — интенсивность дождя в мм/ч, а коэффициенты A , B и a зависят от длины волны и температуры.

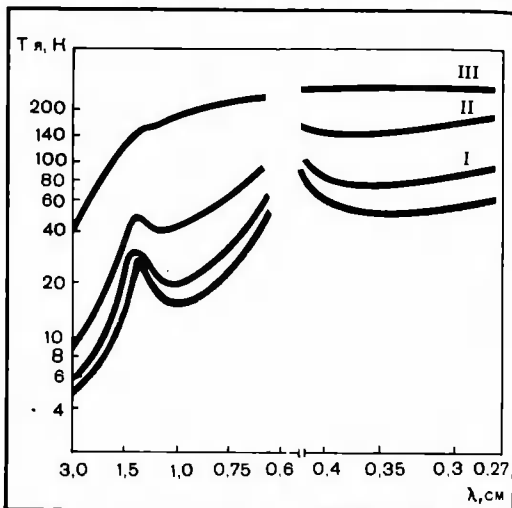
РАДИОЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА АТМОСФЕРЫ

Радиоизлучение атмосферы характеризуется прежде всего величиной интенсивности. Для расчетов интенсивности излу-

чения часто пользуются пропорциональной ей величиной — радиояростной температурой T_r . Удобство введения T_r объясняется простой связью между радиояростной и термодинамической температурами:

$$T_r = x T.$$

Здесь x — коэффициент излучения (или излучательная способность) тела, зависящий от формы и размеров тела, его диэлектрической проницаемости и поглощательной способности. Например, для абсолютного черного тела (т. е. способного целиком



Спектры радиояростных температур для безоблачной атмосферы (цветная кривая) и различных типов облачной атмосферы [слоистая — I, среднекучевая — II, мощная кучевая — III] при наблюдении в зенит с поверхности Земли. Наиболее сильно влияние облачности в диапазонах длин волн от 1 см до 0,7 см и от 0,4 до 0,2 см, причем для кучевых облаков приращение яркостной температуры гораздо больше, чем для слоистых. Область поглощения водяного пара в окрестностях длины волны 1,35 см достаточно чувствительна к изменению полного содержания влаги в атмосфере.

поглощать всю падающую на него энергию) $x=1$, и радиояростная температура равна термодинамической. Если, например, излучает полупространство, заполненное поглощающей средой, то $x=1-r^2$, где r — коэффициент отражения радиоволн от этого полупространства.

Столь простая связь между радиояростной температурой и термодинамической возникает в радиодиапазоне из-за того, что энергия кванта здесь меньше энергии

³ В тех случаях, когда длина волны соразмерна с диаметром капель, капля ведет себя как резонатор, т. е. на некоторых частотах возникает повышенное поглощение радиоволн. Эффекты рассеяния на этих частотах также усиливаются.

теплового движения ($h\nu \ll kT$, где h — постоянная Планка, k — постоянная Больцмана, ν — частота). В инфракрасном и оптическом диапазонах волн это условие не соблюдается. Из-за этого в существенной мере теряется привлекательность введения понятия яркостной температуры в инфракрасном и оптическом диапазонах волн.

Если в атмосфере нет крупных рассеивающих частиц, то ее радиояркостная температура может быть найдена из соотношения:

$$T_{\Sigma} = T_{\text{ср}}(1 - e^{-\tau}),$$

где $T_{\text{ср}}$ — средняя термодинамическая температура атмосферы, равная температуре изотермической атмосферы, которая дает то же излучение, что и реальная атмосфера (ее отличие от температуры у поверхности Земли составляет 5—30° С). При наблюдении радиоизлучения атмосферы следует учитывать, что небольшую добавку к нему дает распределенное космическое излучение, или, как принято его называть, реликтовое. Его радиояркостная температура составляет 2,7 К и не зависит от времени и угла наблюдения.

С ростом угла наблюдения по отношению к зениту из-за роста τ происходит увеличение яркостной температуры атмосферы. В длинноволновой части сантиметрового диапазона вплоть до зенитных углов 80° полное поглощение в атмосфере значительно меньше 1 неп (что эквивалентно уменьшению интенсивности радиоволн в e раз). Это обеспечивает линейный рост яркостной температуры от секанса зенитного угла. На миллиметровых волнах зависимость яркостной температуры от секанса зенитного угла выражена слабее. При больших значениях полного поглощения с увеличением зенитного угла происходит «насыщение» яркостной температуры и она становится близкой к термодинамической температуре самой атмосферы. При наличии кучевой, разрывной облачности на угловую зависимость яркостной температуры атмосферы будут оказывать заметное влияние характеристики пространственного распределения облаков.

РАДИОЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА СИСТЕМЫ «АТМОСФЕРА — ПОДСТИЛАЮЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ»

При наблюдении излучения атмосферы сверху, например с борта космического корабля, приходится считаться с тем фактом, что суммарное регистрируемое излучение состоит не только из собственно-

го излучения атмосферы, но и из излучения земных покровов, а также из излучения атмосферы, отраженного от поверхности Земли⁴. При этом излучение земных покровов частично поглощается атмосферой, а отраженное излучение атмосферы к тому же уменьшается на величину, пропорциональную коэффициенту отражения от поверхности Земли.

В итоге суммарная радиояркостная температура может быть представлена в виде:

$$T_{\Sigma} = T_{\uparrow} + T_{\text{п}} e^{-\tau} + T_{\text{я}} R e^{-\tau},$$

где $T_{\uparrow}$ и $T_{\downarrow}$ — радиояркостная температура соответственно восходящего и нисходящего излучения атмосферы; R — коэффициент отражения подстилающей поверхности по мощности, $T_{\text{п}}$ — радиояркостная температура поверхности.

Регистрируемая на спутнике радиояркостная температура зависит как от изменений коэффициента отражения поверхности, так и от изменений полного поглощения. Влияние атмосферных факторов (облаков, осадков, влажности и др.) на исходящее от Земли радиоизлучение существенно зависит от коэффициента отражения поверхности. При измерении над земными покровами с небольшой отражательной способностью (лес, пашня, пески и др., для которых $R \approx 0,1$) радиояркостная температура близка к термодинамической температуре поверхности и слабо зависит от состояния атмосферы. Наибольшие контрасты атмосферные образования создают при измерениях над спокойной водной поверхностью, отражательная способность которой на сантиметровых и миллиметровых волнах составляет 0,4—0,6. Например, радиояркостные контрасты облаков на волне 0,8 см достигают 80—100 К.

ТЕХНИКА ПРИЕМА И ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Для измерения интенсивности радиоизлучения атмосферы применяют СВЧ-радиометры. СВЧ-радиометрическое устройство состоит из приемной антенны с антенно-фидерным трактом, приемника и регистратора. В пределах полосы пропускания приемника спектральная интенсивность радиоизлучения атмосферы обычно постоянна и подобна собственному шуму радио-

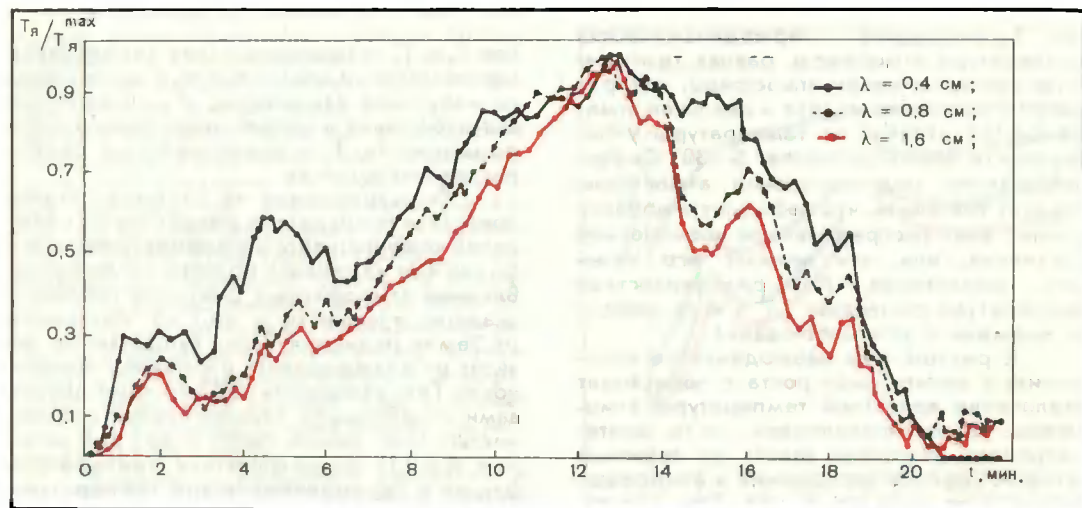
⁴ Подробно см.: Башаринов А. Е., Гурвич А. С., Егоров С. Т. Радиоизлучение Земли как планеты. М., 1974, с. 188.

метра. Особенностью излучения атмосферы является то, что интенсивность его значительно меньше интенсивности собственного шума приемника.

Важной характеристикой радиометрического приемника является чувствительность, т. е. минимальное изменение интенсивности излучения, поступающего от антенны, которое он способен различить. Чувствительность выражается в температурной шкале. В качестве критерия различимости принимают равенство улавливаемого изменения интенсивности среднего

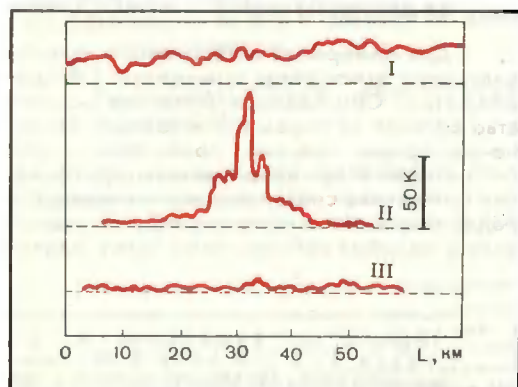
квадратичному отклонению уровня собственных шумов радиометра. Чувствительность зависит от времени усреднения. Ее принято определять при постоянной времени выходного устройства СВЧ-радиометра, равной 1 с. Чувствительность современных радиометров в диапазоне длинных миллиметровых и сантиметровых волн составляет обычно 0,1—0,3 К.

Наблюдения нисходящего радиоизлучения атмосферы могут проводиться с борта самолета при полетах на низких высотах.



Изменение радиоярких температур $T_{\text{я}}$ при прохождении кучевого облака через неподвижную антенну [для удобства сравнения кривые нормированы к соответствующим максимальным значениям $T_{\text{я}}^{\text{max}}$]. Измерения проводились на 22-метровом радиотелескопе Физического института АН СССР им. П. Н. Лебедева. Радиоизлучение регистрировалось при зенитном угле 60° одновременно на волнах 0,4 см, 0,8 см и 1,6 см. Некоторое различие между кривыми обусловлено отсутствием линейной связи

между яркостной температурой и водозапасом облаков, что особенно проявляется на миллиметровых волнах. Отчетливо видны неоднородности радиоизлучения облаков, обусловленные, в основном, пульсациями водности — это нарушает плавное изменение яркостной температуры при прохождении облака. Значения $T_{\text{я}}^{\text{max}}$ в окрестности момента времени $t \approx 12,5$ мин составляла 160 К (для излучения $\lambda = 0,4$ см), 159 К [$\lambda = 0,8$ см], 69 К [$\lambda = 1,6$ см].



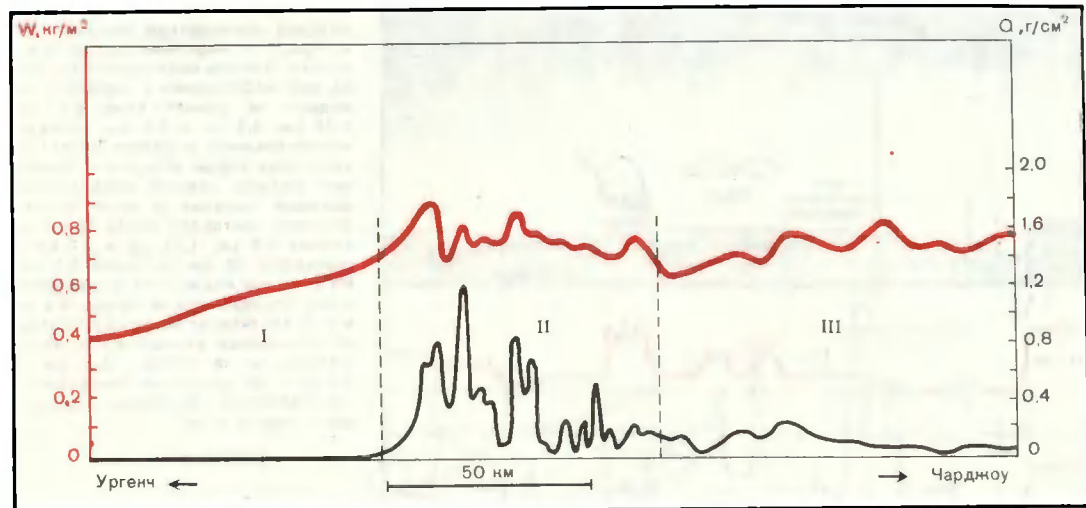
Распределение радиоярких температур вдоль траектории самолета в облаках различных типов: слоисто-кучевом [I], мощном кучевом [II] и низком кучевом [III]. Измерения проводились на длине волны 0,8 см с самолета-лаборатории (высота полета 150 м, скорость полета 100 м/с, пространственное разрешение 200 м). Пунктирная прямая — уровень излучения безоблачного неба. Профили радиоярких температур отражают, главным образом, пространственное распределение водозапаса облаков.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ ПО РАДИОТЕПЛОВОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Принципиальные возможности дистанционного зондирования атмосферы основаны на том, что существует четкая зависимость между яркостной температурой ее и метеопараметрами, а также на том, что кислород, водяной пар, облака и осадки по-разному оказывают влияние на спектр излучения атмосферы. Определение параметра атмосферы путем преоб-

озона и других малых газовых компонент; определение водозапаса облаков и полной массы водяного пара; обнаружение зон жидких осадков и оценка их интенсивности; оценка характеристик крупномасштабной турбулентности.

Методика определения этих величин основывается на следующих соображениях. Содержание кислорода в атмосфере постоянно, и, следовательно, его излучение в основном зависит от температуры. Поэто-



Изменение полной массы Q водяного пара и водозапаса W облаков (цветная кривая) при пересечении фронтальной зоны воздушных масс. Данные получены на основе измерений радиояркостной температуры, проводимых самолета на волнах 0,8 и 1,35 см. Полет проходил в Средней Азии на высоте 200 м. Участок I соответствует безоблачной атмосфере — в нем наблюдается переход от холодного воздуха к теплову. На расстоянии около 90 км температура воздуха изменилась от 20 до 25°C, а значение полной массы водяного пара удвоилось. Участок II расположен в зоне теплого воздуха; здесь облака кучевые, и кривая водозапаса имеет «изрезанный» профиль. На участке III происходит постепенный распад облаков.

разования значений ее яркостной температуры, измеренных в одном или нескольких участках спектра, на разных зенитных углах и поляризациях, называют обратной задачей СВЧ-радиометрического дистанционного зондирования. В радиодиапазоне могут быть выделены следующие типы обратных задач:

- восстановление высотного хода температуры атмосферы;
- определение содержания и высотного распределения водяного пара,

му, регистрируя интенсивность излучения в полосе поглощения кислорода (длина волны $\lambda \approx 0,5$ см), можно определить температуру атмосферы. Напротив, содержание паров воды в атмосфере весьма изменчиво и поэтому наблюдения излучения атмосферы на волне 1,35 см (линия поглощения) позволяют определить концентрацию парообразной влаги. Например, при измерении с поверхности Земли предельная точность определения температуры составляет 1–2 К для нижней атмосферы, увеличиваясь до 2–5 К вблизи тропопаузы.

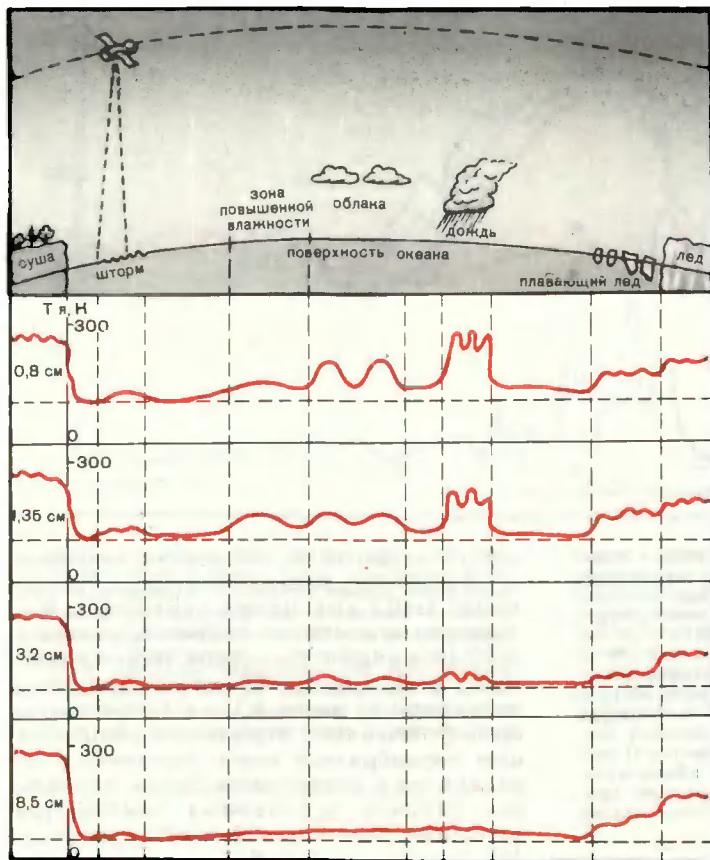
Для определения полной массы водяного пара и водозапаса облаков используются окна прозрачности атмосферы (0,7–0,9 см и 1,8–2,2 см) и полоса вблизи линии водяного пара 1,35 см. Измерения можно проводить с поверхности Земли, самолета и спутника. В последнем случае необходимо, чтобы были известны температура и коэффициент отражения подстилающей поверхности. Наилучшие результаты дистанционного зондирования атмосферы достигаются при измерениях над гладкой

морской поверхностью. Для отдельного определения полной массы водяного пара и водозапаса облаков достаточно вести измерения на двух длинах волн.

Радиоизлучение атмосферы во время выпадения дождя имеет ряд характерных особенностей, которые могут быть использованы для обнаружения зон дождя и оценки параметров — интенсивности, протяженности зоны, размеров капель. К таким особенностям можно отнести большой радиояркий контраст и поляризационный эффект радиоизлучения, вызываемый

ИССЛЕДОВАНИЯ СО СПУТНИКОВ

Дистанционное зондирование земной атмосферы из космоса с использованием радиоволн было начато экспериментом на спутнике «Космос-243» в 1968 г. С тех пор был проведен ряд экспериментов по исследованию радиотеплового излучения Земли: в Советском Союзе на спутниках «Космос-384», «Метеор-Природа», «Интеркосмос-20, -21», «Космос-1076-1151», в США на спутниках «Нимбус-5, -6», «Сисат-А», «Нимбус-7», в Индии на спутни-



Характерные изменения радиояркой температуры системы «атмосфера — подстилающая поверхность». Данные получены со спутника при наблюдении в направлении надира на длинах волн 0,8 см, 1,35 см, 3,2 см и 8,5 см, которые использовались в экспериментах на спутниках серии «Космос». Линейный размер участка поверхности, который попадал в поле зрения антенны, составлял около 20 км на волнах 0,8 см, 1,35 см и 3,2 см и примерно 50 км на волне 8,5 см. Из рисунка видно, что радиояркая температура на волнах 0,8 см и 1,35 см зависит главным образом от изменения атмосферных параметров, а на волнах 3,2 см и 8,5 см — от состояния поверхности (температуры, волнения, плавающего льда и т. д.)

сплющиванием крупных капель.

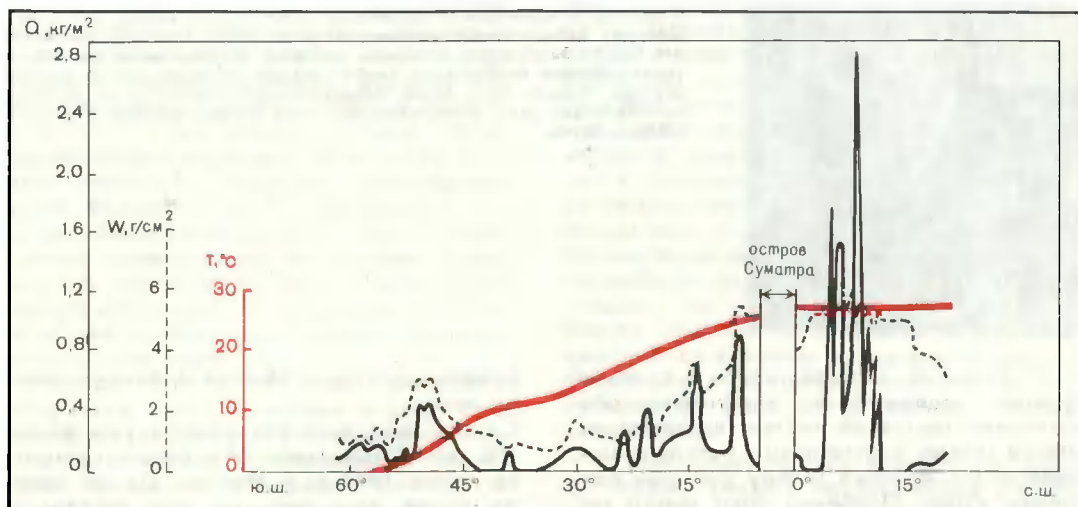
Флуктуации радиоизлучения атмосферы обусловлены пространственно-временными неоднородностями метеопараметров, которые возникают из-за быстрых турбулентных пульсаций. Измерение интенсивности флуктуаций радиоярких температур атмосферы в диапазоне 0,8—2,0 см позволяет определить горизонтальные размеры неоднородностей и среднюю скорость ветра в тропосфере.

ке «Бхаскара-1». Возможности исследования атмосферы при СВЧ-радиометрических измерениях со спутника зависят от выбора длин волн и углов наблюдений и ограничиваются, главным образом, абсолютной точностью определения яркой температуры и пространственной разрешающей способностью. В перечисленных выше космических экспериментах были определены следующие характеристики атмосферы:

распределение содержания водяного пара над океанами;
 пространственная структура водозапаса различных типов облаков;
 широтное распределение водозапаса и полной массы водяного пара над океанами;
 данные по высотному ходу температуры атмосферы и его изменчивости по широте;
 зоны осадков с оценкой их интенсивности.
 Кроме того, используя данные трас-

состоянии. В настоящее время СВЧ-радиометрический метод дистанционного зондирования атмосферы применяется в исследовательских целях с поверхности Земли, самолетов-лабораторий и спутников. Проведенные эксперименты показали эффективность этого метода для определения влагосодержания атмосферы, водозапаса облаков, высотного распределения температуры, обнаружения осадков.

В ближайшие годы следует ожидать расширения применения этого метода. Сейчас, например, может идти речь об



Температура поверхности океана T (цветная кривая), водозапас облаков W (пунктирная кривая) и полная масса водяного пара Q (черная кривая), полученные при обработке данных СВЧ-радиометрических измерений со спутника «Космос-243». Наблюдения велись над Индийским океаном и Южно-Китайским морем. Видно, что вдоль всей трассы спутника атмосферные параметры значительно варьируются. Повышенные значения полной массы водяного пара соответствуют областям, занятым мощной облачностью. В районе $5-11^\circ$ с. ш. спутник пересекает конвективную облачность с интенсивными осадками, а в районе $45-50^\circ$ ю. ш. — зону фронтальной облачности.

совых измерений атмосферных параметров, можно построить карты содержания влаги над различными областями земного шара. Так, по результатам измерений, проведенных 23—27 сентября 1968 г. со спутника «Космос-243», была построена карта влагосодержания атмосферы над северной частью Тихого океана.

Таким образом, радиотепловое излучение атмосферы несет важную информацию о физических параметрах атмосферы и ее

использовании СВЧ-радиометров для постоянного контроля интегральных параметров атмосферы на метеостанциях и аэродромах. Однако перспективы использования этих методов в прогнозе погоды, изучении атмосферных процессов и климата связаны с космическими аппаратами.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Башарин А. Е., Гурвич А. С., Егоров С. Т. РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ЗЕМЛИ КАК ПЛАНЕТЫ. М.: Наука, 1974.

Кузьмин А. Д., Саломонович А. Е. РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН. М.: Советское радио, 1964.

Шутко А. М., Кутуза Б. Г., Яковлев О. И., Ефимов А. И., Павельев А. Г. ИТОГИ НАУКИ. ВИНТИ. Радиотепловое излучение планет. М., 1978.

Степаненко В. Д. РАДИОЛОКАЦИЯ В МЕТЕОРОЛОГИИ. Л.: Гидрометеоиздат, 1973.

Международный геологический конгресс

В. В. Тихомиров



Владимир Владимирович Тихомиров, член-корреспондент АН СССР, заведует лабораторией истории геологии Геологического института АН СССР. Занимается историей развития геологических знаний, а также общими проблемами теоретической геологии. Автор многих научных трудов. Член бюро Международной комиссии по истории геологических наук, действительный член Международной академии истории науки.

Развитие каждой науки — сложный процесс коллективного творчества, обязательной составной частью которого является обмен полученными результатами, идеями и мнениями между учеными различных стран. Особенно ярко такого рода обмен проявляется в естествознании, причем геология — одна из ведущих наук о Земле — не составляет исключения из общего правила. Геологи испытывают острую необходимость в детальном ознакомлении с геологическим строением возможно большего числа регионов нашей планеты, не ограничиваясь изучением лишь одной или нескольких областей. Геологам необходимо знать и теоретические положения, выдвигаемые их коллегами, исходящими из специфики изученной ими территории.

Постоянно ощущая потребность сравнивать горные породы, минералы, тектонические структуры и другие геологические данные, геологи еще в середине прошлого века пришли к общему заключению о необходимости регулярного тесного общения между собой. Для осуществления таких встреч было решено учредить Международный геологический конгресс с тем, чтобы на периодически созываемых его сессиях обеспечить возможность научных контактов между геологами

различных стран и обмена мнениями между ними.

Сессии конгресса созываются уже более 100 лет. Очередная, 27-я сессия состоится летом 1984 г. в Москве. До ее начала более двух лет, но уже сегодня в многочисленных научно-исследовательских учреждениях, занимающихся самыми разными отраслями геологии, началась подготовка к этому событию. Создан организационный комитет конгресса.

А 1-я сессия Международного геологического конгресса (МГК) состоялась в конце августа 1878 г. в Париже. Поставленные на ней доклады, оказавшиеся весьма различными и по тематике, и по объему, отчетливо выявили трудности в общении между геологами различных стран, обусловленные отсутствием единой научной терминологии и неодинаковым подходом к толкованию тех или иных крупных проблем.

Эти обстоятельства и обнаружившиеся организационные трудности были учтены при подготовке последующих сессий. Заранее выбиралась наиболее актуальная тематика, были созданы комиссии по унификации геологической терминологии, условных обозначений к геологическим картам и палеонтологическим названиям. Деятельность этих комиссий оказала весьма

плодотворное влияние на взаимопонимание геологов, что внесло ощутимый вклад в развитие геологической науки.

На 2-й сессии, состоявшейся в 1881 г. в Болонье (Италия), были решены некоторые терминологические вопросы. Так, удалось согласовать единую геологическую номенклатуру по ряду важнейших проблем и по унификации условных обозначений к геологическим картам и профилям.

Русская делегация, состоявшая из видных специалистов, широко известных в международных геологических кругах того времени, пользовалась на конгрессе большим авторитетом, и это способствовало одобрению большинства внесенных ею предложений. В частности, конгресс утвердил рекомендованную русской делегацией схему стратиграфических подразделений: группа, система, отдел, ярус. Разработанная молодым еще тогда русским геологом, будущим президентом нашей Академии, А. П. Карпинским схема раскраски геологических карт (с некоторыми изменениями, внесенными швейцарским геологом А. Геймом для палеозойских отложений), получила на конгрессе общее одобрение и поныне применяется во всем мире.

Сессии конгресса стали регулярно собираться через 3—4 года в различных странах, и на каждой из них присутствовало по несколько сот человек от 15—25 стран. Заседания на первых пяти сессиях носили пленарный характер, т. е. представленные доклады независимо от их тематики слушали все участники конгресса. Однако из-за существующей дифференциации геологических наук подобная система оказалась неудобной и, начиная с 6-й сессии, состоявшейся в 1894 г. в Цюрихе (Швейцария), были введены секции. Сначала число таких секций равнялось четырем, но на последующих сессиях количество секций постепенно возрастало, достигнув 20 на 26-й сессии, состоявшейся летом 1980 г. в Париже. Тематика секций менялась в зависимости от актуальности той или иной проблемы, выносимой для обсуждения на конгрессе.

Летом 1897 г. геологи съехались на 7-ю сессию в Россию. Ее научные заседания проходили в Петербурге летом 1897 г. Президентом этой сессии был избран академик А. П. Карпинский, а ее ученым секретарем академик Ф. Н. Чернышев. На заседаниях рассматривались наиболее актуальные и дискуссионные в то время проблемы геологии. Особенно важными, как это подчеркнул Кар-

пинский, в тот период были установление единых принципов выделения стратиграфических подразделений и утверждение правил введения новых стратиграфических наименований, а также разработка правил петрографической номенклатуры. Обсуждение этих трех крупных проблем вызвало оживленные споры, в результате которых по стратиграфическим проблемам были приняты согласованные решения (позднее, правда, измененные), третий же вопрос о правилах петрографической номенклатуры остался нерешенным. Коллективное обсуждение на конгрессе важнейших проблем геологии, бесспорно, дало положительные результаты для дальнейшего развития наук о Земле. В Петербурге обсуждались и такие важные организационные проблемы, как создание международного плавучего института для изучения океанов и преподавание геологии в средней школе. Эти предложения, из которых первое было внесено русским академиком Н. И. Андрусовым, а второе французским академиком А. Годри, получили общую поддержку. Однако то обстоятельство, что их проведение в жизнь требовало крупных ассигнований и единства действий со стороны правительств многих стран мира, осложнило выполнение намеченного плана и отложило его на многие годы.

Поскольку геологу чрезвычайно важно самому увидеть геологические разрезы и месторождения, проводились кратковременные экскурсии с целью осмотра ближайших геологических объектов.

Этот положительный опыт был в большой степени использован и на Петербургском конгрессе, причем организационный комитет подошел к данному вопросу с поистине русским размахом. Во время конгресса, главным образом до начала его научных заседаний, были проведены геологические экскурсии в различные и подчас весьма удаленные от Петербурга регионы, на Урал, Кавказ, в Крым, Донбасс, Финляндию и т. п. Желающим была предоставлена возможность провести гидрографические исследования на Черном море, для чего было выделено специальное судно и необходимая аппаратура для извлечения проб донных отложений. Кроме того, на протяжении двух месяцев участники конгресса пользовались правом бесплатного проезда по всем железным дорогам России.

Поскольку в экскурсиях могли участвовать все желающие и проводились они бесплатно, число участников наиболее



9/
Леонид Афанасьевич Спендиаров (1869—1887), в память которого учреждена премия, присуждающаяся на сессиях конгресса.

интересных поездок было весьма велико. Особенно большим вниманием пользовалась Уральская экскурсия, которая проходила по красивым и чрезвычайно интересным местам. К ней присоединились многие лица, не имевшие отношения к конгрессу, и среди них большое число иностранных туристов, главным образом американцев.

Петербургская сессия вошла в историю Международного геологического конгресса и в связи с учреждением премии им. Спендиарова. Эта премия утверждается ныне Академией наук СССР и присуждается на каждой очередной сессии, как правило, одному из молодых талантливых ученых той страны, в которой происходит данная сессия. Основанием для учреждения этой премии явилась трагическая кончина молодого талантливого геолога Л. А. Спендиарова, работавшего в тесном контакте с А. П. Карпинским и Ф. Ю. Левинсон-Лессингом. Спендиаров, участвовавший в предконгрессной экскур-

сии по Кавказу, упал с лошади и серьезно повредил голову. Несмотря на это, он приехал в Петербург и присутствовал на первом заседании сессии, а вечером того же дня скончался.

С целью увековечения его памяти семья покойного, и в том числе брат геолога А. А. Спендиаров (позднее выдающийся советский композитор), внесли в банк 4000 руб. с тем, чтобы проценты с этой суммы присуждались в качестве премии на каждой очередной сессии конгресса. Впервые премии им. Спендиарова был удостоен в 1900 г. на 8-й сессии А. П. Карпинский. Эта сессия, проходившая в Париже, приняла решение по ряду важных стратиграфических проблем. Были согласованы некоторые вопросы классификации, в частности было принято решение считать ярус местным подразделением, причем название его должно соответствовать тому району, где данные отложения были впервые описаны. Более дробные подразделения было решено называть зонами и именовать по содержащимся в них окаменелостям. В процессе рассмотрения всех вопросов, стоявших на 8-й сессии, особенно активную роль играли русские геологи, отстаивавшие большинство своих предложений.

На трех последующих сессиях были заслушаны доклады по ряду весьма интересных геологических проблем (о генезисе глинистых сланцев, о крупных горизонтальных подвижках земной коры, образующих шарьяжи, о палеоклиматах и др.), часть из которых остается дискуссионной и до наших дней.

К 11-й сессии, проходившей в Стокгольме, был подготовлен обзор, содержащий сведения о месторождениях железных руд всего земного шара. Это была весьма ценная сводка, крупный раздел которой относился к территории России.

На следующей, 12-й сессии, состоявшейся в Торонто в 1913 г., присутствовало несколько выдающихся русских геологов — В. И. Вернадский, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Я. В. Самойлов, Ф. Н. Чернышев и др. Участники заслушали доклад, содержащий данные о запасах каменного и бурого угля, известных во всем мире.

Председателем комиссии, осуществившей подсчет запасов ископаемого угля, был русский академик Ф. Н. Чернышев. При обсуждении планов дальнейшей деятельности конгресса по предложению другого делегата России профессора Я. В. Самойлова было решено осуществить подсчет мировых запасов ценнейшего агро-



Русская делегация, направляющаяся на 12-ю сессию Международного геологического конгресса в Канаду, на палубе парохода.

Сидят слева направо: Я. В. Самойлов, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, В. И. Вернадский, Ф. Н. Чернышев; стоят: М. М. Любошинский и В. Ф. Левинсон-Лессинг.

номического минерального сырья — фосфоритов. Реализация этого решения из-за начала первой мировой войны растянулась более чем на десяток лет.

Война сказалась и на проведении очередных сессий конгресса. Принятая до того времени периодичность была нарушена, и следующая, 13-я сессия собралась только через 9 лет в Брюсселе в 1922 г. Эта первая послевоенная сессия была малочисленной. На ней присутствовал только 321 человек от 38 стран (на предыдущей, 12-й сессии было 467 человек от 49 стран).

Несмотря на то что на всех довоенных сессиях русские ученые играли весьма активную роль и именно по их инициативе принимались многие важнейшие решения, оргкомитет Бельгийской сессии не направил официального приглашения в Советскую Россию. Но, несмотря на отсутствие официальной советской делегации, в трудах 13-й сессии был опубликован ряд докладов наших геологов.

На следующую, 14-ю сессию, состоявшуюся в Мадриде в 1926 г., приехали 722 человека от 52 стран. В советскую делегацию входили такие выдающиеся геологи, как академики А. А. Борисjak, А. Н. Заварицкий, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. П. и М. В. Павловы и др. Они проявили большую активность и выступили с целым рядом научных докладов. Положительным моментом в работе сессии было решение о восстановлении деятельности большинства международных комиссий, созданных ранее для решения тех или иных сложных проблем, но прекративших свою деятельность со времени первой мировой войны.

В состав многих из этих комиссий были включены советские геологи. Члены конгресса с удовлетворением восприняли сообщение о том, что Советское правительство решило сохранить премию им. Спендиарова и выделило необходимые средства для регулярного присуждения этой премии на очередных сессиях Международного геологического конгресса.

На двух следующих сессиях, проходивших в 1929 г. в Претории и в 1933 г. в Вашингтоне, были лишь единичные представители из СССР, но присланные туда доклады советских ученых были приняты и опубликованы.

Особое место в истории конгресса по праву занимает его 17-я сессия, состоявшаяся в Москве летом 1937 г. На ней было зарегистрировано 2372 участника, по сравнению с 1182 на предыдущей, Вашингтонской сессии. Число секций в Москве также значительно превысило их количество на предыдущих сессиях.

Особое внимание привлек доклад академика И. М. Губкина, посвященный мировым запасам нефти. Большое впечатление на слушателей произвели приведенные в докладе данные, показавшие, что по запасам жидкого горючего Советский Союз в то время стоял на одном из первых мест в мире, причем его потенциальные запасы превосходили суммарное количество нефти в остальных районах земного шара. Это сообщение было особенно впечатляющим, поскольку уже в конце 1930-х годов стало ощущаться приближение топливного кризиса.

Привлек внимание и доклад советского геолога М. М. Пригоровского, установившего связь площадей, к которым приурочена наибольшая степень углефикации, а также зон, наиболее благоприятных для угленакпления, с мобильными участками земной коры. Выделялись новизной теоретического подхода доклады В. И. Вернадского о значении радиогеологии для современной науки и А. Д. Архангельского о структуре складчатого фундамента древних платформ СССР, определенной по геофизическим данным. Активно во время сессии работали секции геологии докембрия и пермской системы, взаимосвязи тектоники, вулканизма и оруденения, палеоклиматов и др.

К конгрессу была приурочена целая серия геологических экскурсий по различным районам Советского Союза. Одной из наиболее протяженных была нефтяная экскурсия, проходившая по маршруту Ишимбаево — Ростов-на-Дону — Баку — Дагестан — Грозный — Кахетия — Сочи — Майкоп — Тамань.

Для участников всех экскурсий было издано 26 подробных путеводителей на нескольких языках каждый, что способствовало активному участию в путешествии всех желающих.

После 17-й сессии наступил длительный перерыв, вызванный началом второй мировой войны. Только через 11 лет, в 1948 г. в Лондоне была, наконец, созвана 18-я сессия конгресса.

Геологи, лишенные в течение продолжительного времени возможности научного общения, с большим интересом отнес-

лись к возобновлению деятельности конгресса: в Лондон прибыло 1700 делегатов, представлявших 78 стран. Среди принципиальных решений сессии было признание русского языка одним из официальных языков конгресса. Это явилось наглядным показателем роста авторитета советского народа, героически вынесшего на своих плечах главную тяжесть прошедшей войны.

На конгрессе работало 12 секций, многие из которых были посвящены таким новым и становившимся все более актуальными проблемам и направлениям геологии, как метасоматические процессы при метаморфизме, геохимия, ритмичность в осадкообразовании, геология моря и океанического дна, корреляция континентальных отложений по позвоночным и др.

Следующая, 19-я сессия, состоявшаяся в 1952 г. в Алжире, привлекла значительно меньше участников, чем Лондонская сессия. Ее посетило 975 геологов из 78 стран. Зато на 20-ю сессию в 1956 г. в Мехико приехало более 4 тыс. человек из 113 стран, и в том числе от Советского Союза 56 геологов.

Число секций достигло 15. На некоторых из них обсуждались вопросы геологического строения Американского континента, но обсуждались и такие широкие проблемы, как связь между тектоникой и седиментацией, происхождение рифтов, генезис различных полезных ископаемых и т. п.

Исключительный интерес вызвала «Тектоническая карта СССР», составленная под руководством академика Н. С. Шатского и демонстрировавшаяся на конгрессе А. А. Богдановым. Эта карта явилась началом большой работы по составлению международной тектонической карты мира, подготовленной ныне специальной подкомиссией конгресса, которую возглавляют академик А. В. Пейве и член-корреспондент АН СССР В. Е. Хаин.

Привлекли внимание доклады, посвященные проблемам металлогении различных геологических провинций и принципам составления прогнозных металлогенических карт. Среди авторов таких сообщений был целый ряд советских геологов. Как и на прошлых сессиях, многолюдно было на докладах, посвященных вопросам геологии нефти и проблеме ее происхождения, — сказывалось все нарастающее ощущение приближения энергетического голода.

По установившейся традиции на сессии Академией наук СССР была присуждена премия им. Спендиарова. На этот раз

она была вручена видному ученому, президенту Мексиканского геологического общества М. Альваресу.

В соответствии с обычной практикой до и после конгресса состоялось свыше 20 научных экскурсий в различные районы Мексики с целью ознакомления с основными ее геологическими особенностями, в том числе с месторождениями полиметаллических руд и нефти.

Спустя четыре года, в 1960 г. на 21-й сессии, состоявшейся в Копенгагене, было решено создать постоянно действующий Международный союз геологических наук, призванный облегчить все виды международных связей геологов и проводить в жизнь решения, принятые на очередном конгрессе без каких-либо перерывов, неизбежно возникавших ранее в промежутках между сессиями. Все комиссии, комитеты и ассоциации, созданные в то или иное время конгрессом, теперь вошли в состав Союза, что существенно облегчило их постоянную деятельность. Он стал руководящим органом, избираемым конгрессом и отчитывающимся перед ним на каждой сессии. В соответствии с Уставом Союза страны, вошедшие в его состав, уплачивают ежегодные членские взносы, благодаря чему создается материальный фонд, обеспечивающий функционирование Союза и позволяющий субсидировать те или иные мероприятия, осуществляемые комиссиями.

В числе особо важных достижений, о которых шла речь на Копенгагенской сессии, были названы «Международная тектоническая карта Европы» масштаба 1:2 500 000, созданная под руководством Н. С. Шатского и А. А. Богданова, и «Карта угленосности Европы», составленная под руководством И. И. Горского.

На заседаниях были заслушаны около 400 научных докладов, на которых рассматривались проблемы планетологии, геохимии и геофизики, разработки геохронологической шкалы и многие другие.

Премия им. Спендиарова была присуждена профессору Рейкьявского университета С. Тораринсону.

В 1964 г. в Нью-Дели состоялась 22-я сессия конгресса, на которой присутствовало около 1500 участников из 83 стран. Советская делегация состояла из 128 человек. Во время сессии работало 16 секций и было заслушано 378 докладов, в целом ряде которых рассматривались вопросы, связанные с проблемами геологии нефти и газа, а также их генезиса. В числе сообщений, заслушанных на конгрессе, особое внимание привлекли

проблемы Гондваны, границы между мелом и палеогеном, генезиса металлических руд и некоторые другие.

Совет конгресса принял предложение Национального комитета геологов СССР об образовании Международной комиссии по истории геологических наук, которая и была создана в 1967 г. в Ереване на учредительном собрании представителей 20 стран.

До начала Индийской сессии и после ее завершения состоялось 30 геологических экскурсий по Гималаям и другим особенно интересным в геологическом отношении районам Индостанского п-ова. Премия им. Спендиарова на 22-й сессии была присуждена выдающемуся индийскому геологу Д. Рею за его последние тектонические исследования.

В 1968 г. в Праге состоялась 23-я сессия, на которой присутствовало 2911 человек. Она была посвящена проблемам, связанным с геологией Центральной и Восточной Европы, где и проводились приуроченные к сессии различные геологические экскурсии. Но, наряду с этим, на сессии советскими геологами была продемонстрирована «Тектоническая карта Тихоокеанского сегмента Земли» (м. 1:10 000 000), представляющая существенное развитие тектонической картографии, поскольку на ней впервые нашла отражение тектоника величайшего океана нашей планеты, а также его окаймление.

24-я сессия проходила в 1972 г. в Монреале, куда съехались 3896 геологов, представлявших 85 стран, в том числе 117 человек от СССР¹.

На сессии работало 17 секций, а также ряд симпозиумов и коллоквиумов. Одной из основных тем, обсуждавшихся на различных заседаниях, были вопросы, в той или иной мере связанные с докембрием: происхождение и эволюция древнейшей континентальной коры, тектоническое строение и метаморфизм пород архея и протерозоя, органические остатки в первично-осадочных докембрийских породах, развитие идей о физико-географической обстановке допалеозойского времени и т. п. Впервые была выделена секция, посвященная проблемам современных методов информации в различных областях геологии. Были показаны возможности использования ЭВМ в системах автоматизированного хранения, поиска и обработки научно-тех-

¹ Хэин В. Е. Геология на новых рубежах. — Природа, 1973, № 4, с. 68.

нической информации. Значительный интерес вызвала демонстрация возможностей электронной техники для создания каталогов и библиографических справочников по некоторым видам ископаемых организмов.

25-я сессия проходила в Сиднее в 1976 г. Впервые конгресс был организован на далеком Австралийском континенте². Несмотря на дороговизну путешествия и начавшуюся инфляцию, захватившую все крупнейшие капиталистические страны мира, количество участников конгресса достигло почти 3000 человек, представлявших 83 страны. От Советского Союза на конгресс приехало 73 геолога. Кроме того, в дни конгресса в Сидней прибыл советский научно-исследовательский корабль «Дмитрий Менделеев» с участниками экспедиции Международного проекта геологической корреляции по теме «Офиолиты». Представители 11 стран, приплывшие на этом исследовательском судне, также посетили многие заседания конгресса.

Такой интерес к 25-й сессии был обусловлен своеобразием геологического строения Австралии и наличием там уникальных месторождений железа, меди, урана, свинца, цинка, никеля, золота, олова и других металлов, а также угля, нефти и горючих газов. Геологов привлекало и то, что происхождение некоторых крупнейших из этих залежей принципиально отличается от генезиса подобных же месторождений в остальных частях света.

На конгрессе работало 17 секций и 38 различных симпозиумов, рассматривались самые различные вопросы и в том числе органическая жизнь в докембрии, генезис стратиформных минеральных месторождений, выработка единого терминологического языка и общих критериев для выделения биостратиграфических подразделений, геологическая история Индо-Тихоокеанского региона в кайнозое, геохимическая эволюция земной коры и верхней мантии, вклад геологической науки в охрану окружающей среды и т. п.

В рамках конгресса состоялось 30 экскурсий, охвативших не только Австралию, но также Новую Зеландию, Папуа — Новую Гвинею и Большой Барьерный риф.

Премией Спендиарова был награжден крупный австралийский ученый Н. Г. Фишер, известный своими трудами по вул-

канологии и изучению месторождений полезных ископаемых Австралии.

На последней из состоявшихся до сего времени сессий конгресса — 26-й — отмечалось 100-летие конгресса³. Она проходила в июле 1980 г. и так же, как и 1-я сессия, проводилась в Париже. В ее работе приняло участие более 5000 человек из 121 страны. Показательно, что на 1-й сессии было только 300 участников из 22 стран. Это явилось наглядным свидетельством высокого авторитета, завоеванного конгрессом, и ярко выраженного стремления геологов всего мира к постоянному тесному общению.

От Советского Союза на 26-ю сессию приехало 123 человека, принявших самое активное участие в деятельности конгресса. На сессии работало 20 секций и большое число различных симпозиумов, кроме того, проводились заседания комиссий, комитетов, ассоциаций и других подразделений, входящих в состав конгресса. Наряду с этим собирались рабочие группы, осуществлявшие свою деятельность по линии различных проектов («Геологическая корреляция», «Тектоническая карта мира», «Геодинамика» и т. д.). На конгресс было заявлено 2810 докладов, но заслушать их все, естественно, было невозможно и пришлось зачитать лишь 2/3 сообщений. Состоялось 87 геологических экскурсий по самым различным регионам Франции и 18 соседних стран.

Премия им. Спендиарова была присуждена молодому французскому ученому профессору Рене Бланше, известному своими трудами по геологии Динарида.

Совет конгресса на пленарном заседании принял единодушное решение созвать 27-ю сессию в Москве летом 1984 г.

В рамках сессии предусмотрено увеличить число секций до 22, которые охватят все важнейшие отрасли и проблемы современной геологии. Программа каждой секции включает несколько тем, которым будет уделено основное внимание во время заседаний. Кроме того, состоятся широкие симпозиумы, посвященные вопросам, входящим в круг интересов, рассматриваемых в различных секциях. Это обеспечит продуктивный обмен мнениями между учеными, работающими в разных научных областях. Намечено около 100 экскурсий, которые дадут возможность ознакомиться с геологическим строением самых различных регионов нашей страны.

² Крылов И. Н. На геологическом конгрессе в Австралии. — Природа, 1977, № 6, с. 58.

³ Крылов И. Н. Конгресс геологов в Париже. — Природа, 1981, № 4, с. 88.

Парижское научное сообщество XVIII в. и идея революции в химии

А. Е. Левин,
кандидат философских наук
Москва

Выражение «научная революция» стало широко использоваться в литературе по истории, философии и социологии науки относительно недавно — после выхода известных монографий Г. Баттерфилда, А. Р. Холла, Т. С. Куна¹. Разумеется, изобрели его не эти авторы — само словосочетание и его различные варианты типа «химическая революция», «революция в физике» или «коперниканская революция» можно встретить в небольшом числе текстов не только первой половины XX в., но и прошлого столетия. Впрочем, примеры его появления в XIX в. (до 1890 г.) очень редки, так что, на первый взгляд, искать упоминания о научных революциях в текстах XVIII в. и вовсе бессмысленно.

Аналогичные предположения можно сделать и об эволюции семантики интересующего нас выражения. В качестве специального науковедческого термина это выражение употребляется сегодня двояким образом. С одной стороны, о научных революциях говорят в тех случаях, когда хотят подчеркнуть глубину и радикальность изменений, возникающих в тех или иных «критических точках»

истории науки, точнее, истории каких-то ее ветвей — «ньютоновская революция», «дарвиновская революция», «квантовомеханическая революция». Есть, однако, и другое употребление, восходящее еще к Конту: под научной революцией понимается сам процесс формирования европейской науки нового времени, простирающийся от позднего средневековья до XVII в. Таким образом, если революции «в первом смысле» множественны и локальны, то революция «во втором смысле», по определению, единственна и глобальна — она знаменует собой рождение науки как самостоятельной системы человеческого познания.

Сегодня, однако, представления о научных революциях «во втором смысле» также существенно модифицировались: уже говорят о второй и даже третьей глобальной научной революции. Более того, именно этот второй смысл термина «научная революция», связывающий его с фундаментальными изменениями условий социального существования науки, в последние годы все шире признается в качестве единственно корректного. Напротив, о революциях «в первом смысле» многие историки науки предпочитают говорить просто как о реформах научного знания. Эти новые тенденции историко-научного мышления очень интересны, хотя в статье речь пойдет только о научных революциях «в первом смысле».

Нетрудно заметить, что в текстах прошлого и первой половины нашего столетия выражение «научная революция» относится, во-первых, только к процессам, развивающимся в

Однако есть ли что милей на свете,
Чем уноситься в дух былых столетий
И умозаключать из их работ,
Как далеко шагнули мы вперед?

И. В. Гете, Фауст (пер. Б. Пастернака)

сфере научного знания, и, во-вторых, обозначает события, интерпретирующиеся как редкие, уникальные, если угодно, атипичные. Однако в послевоенные годы в употреблении этого термина произошли заметные сдвиги. Даже в тех случаях, где оно по-прежнему относится к чисто интеллектуальным аспектам научной деятельности, наблюдается отход от представлений об исключительности событий, описываемых в качестве научных революций. Нужно сказать, что именно стремление многих философов и историков науки к бесконтрольному использованию слова «революция» для обозначения очень непохожих друг на друга и явно разноранговых событий, особенно сильно проявившееся в 70-е годы, и стало главной причиной той реакции, о которой говорилось в предыдущем абзаце. Как бы то ни было, кажется, что эта универсализация идеи научных революций могла быть только продуктом мышления XX в., для которого фундаментальные и относительно частые преобразования интеллектуального багажа больших и малых областей научных исследований стали делом привычным и едва ли даже не обыденным. И уж если ученые прошлого века крайне редко говорили о научных революциях, считая их чем-то совершенно исключительным, то, вероятно, для XVIII в. этот вывод тем более оправдан.

До сих пор термин «научная революция» преднамеренно замыкался на область изменений только лишь научного знания. Однако 70-е годы дали здесь еще одно новшество, пришедшее из социологии и социоло-

¹ Butterfield H. The Origins of Modern Science. L., 1949; Hall A. R. Scientific Revolution, 1500—1800. L., 1954; Kuhn T. S. The Copernican Revolution. Cambridge, 1957.



Антуан Лоран Лавуазье (1743—1794).

П.-Ж.-Ж. Кабанис и Ф. Пинель. Оказывается также, что представления о сущности научных революций заметно эволюционировали и что к концу столетия явно преобладали такие образцы интерпретации этого понятия, в основе которых лежала идея множественности и регулярности подобных революций, понимаемых к тому же как события прежде всего социальные.

Уже констатация этого факта сама по себе крайне интересна — ведь оказывается, что идея научных революций возникала и закреплялась неоднократно, причем в существенно различных исторических и культурных условиях, и сравнительный анализ соответствующих процессов может быть очень поучительным. Дело, однако, не только в этом. Можно показать, что характер употребления выражения «научная революция» складывался под прямым воздействием социальных факторов, а это, в свою очередь, влияло на характер осмысления и способы концептуализации тех событий, которые описывались с помощью этого выражения. Мы получаем, таким образом, наглядный пример тех взаимосвязей между социальными и интеллектуальными измерениями научной деятельности, которые все более интенсивно изучаются социологией науки.

Из-за необходимости ограничить корпус фактических данных я займусь изучением лишь одной специально выделенной группы текстов. Выбор именно этой группы связан прежде всего с возможностью полутного решения интересной историко-научной задачи: объяснения самого известного из всех зафиксированных в литературе случаев употребления одного из вариантов выражения «научная революция», связанного с именем Лавуазье. Насколько я знаю, такое объяснение еще никем не было предложено.

ПРОРОЧЕСТВО ЛАВУАЗЬЕ

20 февраля 1773 г. двадцатидевятилетний адъюнкт Парижской Академии наук Антуан Лоран Лавуазье записал в лабораторном журнале програм-



Пьер-Жан-Жорж Кабанис (1757—1808).

му будущих исследований «упругих флюидов» (т. е. газов), выделяемых веществами при брожении, дистилляции и т. п. Здесь он выразил надежду, что эти исследования со временем приведут «к революции в физике и химии». Впервые этот текст был полностью опубликован лишь в 1890 г. Об этой публикации и ее последствиях я еще буду упоминать (тогда же будет дана и ссылка), пока же отмечу, что фраза Лавуазье приобрела особую популярность у историков науки — как из-за ее последующей судьбы, так и потому, что была воспринята потомками как прямое пророчество будущего преобразования теоретических основ химической науки, сделанное человеком, которому предстояло сыграть здесь главную роль.

Но так ли бесспорна эта интерпретация? Хорошо известно, что к началу 1773 г. Лавуазье в лучшем случае испытывал лишь некоторые сомнения в теории флогистона, и кажется маловероятным, что под революцией он понимал создание новой, «антифлогистонной» химической теории. Неясен также смысл объединения в прогнозе Лавуазье физики и химии. Если не считать слов Лавуазье выражением надежды на создание новой теории горения, которая в какой-то мере отразится и на физических представлениях, то

гической истории науки. За изменениями господствующих концепций были увидены и проанализированы также сопутствующие им или порождающие их изменения социального характера: перераспределение авторитета (а тем самым — и влияния) внутри научных сообществ, переход внутреннего контроля над осуществлением деятельности в науке от одних групп ученых к другим и т. п. Произошла, таким образом, социализация термина, приближающая его собственно науковедческое использование к тому, которое характерно для языка политических наук. Корни этого сдвига — в развитии современных социологических подходов в науковедении, так что представляется вполне очевидным, что ничего подобного ранее произойти не могло.

Однако собранный в последние годы фактический материал² свидетельствует о том, что в течение XVIII в. о революциях в науке писали десятки людей, среди которых были А. Клеро и Ж. Лагранж, Ж. Даламбер и Д. Дидро, А. Тюрго и Ж. Кондорсе, А. Лавуазье и Дж. Пристли,

² Cohen I. Bernard. — J. of the History of Ideas, 1976, v. 27, p. 257; Guerlac H. — Ambix, 1976, v. 23, p. 1.

это объединение выглядит довольно странно.

Итак, мы стоим перед проблемой интерпретации знаменитой фразы Лавауэзе. Действуя методами чисто «интеллектуальной» историографии науки, было бы естественно ограничиться поиском текстов, содержащих какие-то ключи для подобной дешифровки. Если же рассматривать данную проблему как часть сформулированной выше задачи историко-социологического объяснения представлений о сущности научных революций, то придется выйти за рамки собственно текстологического анализа. Прежде всего попытаемся выяснить, в каких соционисторических контекстах появились предшествующие упоминания о научных революциях и какова была их динамика.

ИСТОРИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

Слово «революция» пришло в европейские языки из средневековой латыни. Первоначально оно имело смысл обратного движения, возвращения в исходное состояние, замкнутого вращения. В XV в. рождается еще одна семантическая модификация — революция как крупное изменение. Наиболее привычный для нас смысл всеобъемлющего преобразования социальных устоев (а не просто смены власти) оно получило лишь в эпоху Великой Французской революции.

К началу XVIII в. это слово стало иногда использоваться и для обозначения научных новшеств. По мнению Б. Козна, впервые оно появляется в некрологах, посвященных памяти математиков Г. Ф. А. Лопиталля и М. Ролля и принадлежащих перу Б. де Фонтенеля, философа и популяризатора науки, многолетнего непрямого секретаря Академии. В течение первой половины столетия о революциях в науках иногда писали и другие авторы, например историк философии А. Делянд и астроном А. Клеро. Вообще говоря, в различных текстах слово «революция» использовалось не вполне одинаково: иногда для оценки чисто интеллектуальных достижений

(так, Клеро назвал ньютоновские «Начала» эпохальным событием в той революции, которую испытывала механика), а иногда и более широко (Фонтенель, называя исчисление бесконечно малых революцией в геометрии, соотносил его создание с некоторыми процессами, разрывавшимися во французском математическом сообществе). Как бы то ни было, те или иные акценты были делом чисто индивидуальным и все они были нейтральны по отношению к общественно-политическому контексту. Использование слова «революция» пока что свободно от какой бы то ни было идеологической нагруженности. Это видно из того, что совершенно те же смыслы передаются и посредством иной лексики — «движение знания», «прогресс», «обновление» и т. п.

Нужно отметить еще два обстоятельства. Примеры явных упоминаний о революциях в науках в текстах первой половины XVIII в. можно буквально перечислить по пальцам, что вполне понятно: само выражение было довольно новым, его использование не навязывалось никакими импульсами общественных настроений, а для передачи значений, достигаемых с его помощью, в языке имелось немало синонимов. Кроме того, слово «революция» пока что используется лишь ретроспективно, для оценки уже случившихся событий, что, опять-таки, естественно вытекает из норм его общезыкового применения.

Радикальный перелом, своего рода революция в использовании слова «революция», происходит точно на рубеже двух половин XVIII столетия. К 1750 г. резко накаляется социальная атмосфера во всей Франции и особенно в Париже. Слово «революция», под которым, в соответствии с причинами общественного недовольства, понимали ограничение королевской власти и расширение прав парламентов, восстановление независимости галликанской церкви от Рима и допущение большей свободы в делах религии, стало своего рода символом веры для одной части образованного общества и жупелом — для другой. По словам известного политика и мемуари-

ста Р.-Л. д'Аржансона, все «только и говорили, что о переменных и революциях»³. В результате это слово мгновенно лишилось былой нейтральности, превратившись едва ли не в главнейший символ новых общественных настроений. «...Все чувствовали необходимость изменения политического порядка во Франции; с начала 1751 г. это был самый обычный предмет разговора между всеми мыслящими людьми. Это изменение выражалось одним словом — Революция»⁴. Такая идеологизация этого слова привела и к перестройке его семантического спектра: на первый план вышло значение, выражающее идею социальных, политических и духовных преобразований или даже насильственных переворотов. Одновременно заметно возрастает и частота употребления слова «революция» в самых различных контекстах, подчас весьма неожиданных (так, барон Гримм под влиянием событий 1753 г. писал даже о революции в музыке!). Кроме того, начинает доминировать не ретроспективное, а проспективное использование слова, которое все в большей мере служит для выражения общественных ожиданий будущих перемен.

Описанные процессы не могли не повлиять и на использование слова «революция» применительно к науке, что облегчалось чисто французской тенденцией к политизации едва ли не всех измерений общественной жизни, а также сильной включенностью французских (особенно парижских) интеллигентов в идеологические и социальные конфликты. Неудивительно, что абсолютное большинство примеров такого использования приходится именно на вторую половину столетия, причем они особенно учащаются к его концу. Иногда оно перенимается и иностранцами (например, Дж. Пристли, бывшим ревностным сторонником французской революции).

³ Цит. по: Рокэн Ф. Движение общественной мысли во Франции в XVIII веке, 1715—1789 гг. СПб, 1902, с. 192.

⁴ Там же, с. 157.

Эти сдвиги легко прослеживаются непосредственно после 1750 г., например, в ряде текстов Ж. Даламбера и Д. Дидро, написанных для «Энциклопедии», или у того же Дидро в его «Мыслях об объяснении природы». Отметим, что в полном соответствии с политической лексикой слово «революция» сперва обозначает прежде всего разрушение старых представлений (так оно используется, например, Даламбером во введении к первому тому «Энциклопедии», написанном в 1751 г.). Зачатки же политизации этого слова просматриваются буквально с самого начала: скажем, Даламбер в упомянутом введении пишет о революции, произведенной в философии Р. Декартом, называя его первым борцом против «деспотического господства» последователей канонизированного Аристотеля⁵.

В каком же тексте впервые и со всей определенностью объединились эти новые черты рассуждений о революциях в науке? Оказывается, его можно указать однозначно, и высказанные там идеи оказали заметное воздействие как на развитие «главной» науки XVIII в. — химии, так и на формирование последующих представлений о научных революциях.

ГАБРИЕЛЬ ВЕНЕЛЬ

Речь пойдет о статье «Химия», написанной (очевидно, не позже конца 1752 г.) Г. Венелем для «Энциклопедии». Химик, врач и королевский цензор, один из пионеров французской пневмохимии, едва не опередивший Дж. Блэка в открытии углекислого газа, он предстает в этой работе и прекрасным историком химии и оригинальным ее теоретиком, пожалуй, даже методологом.

Статья начинается с констатации слабой развитости и, как следствие, низкого социального престижа химии: она привлекает мало способной молодежи, ученые считают ее чем-то сродни фармацевтике и пренебрегают работами даже таких



Бенджамин Франклин (1706—1790).

химиков, как И. Бехер и Г. Шталь. Химии еще предстоит найти себя, создать собственный язык, собственную теорию и собственные методы исследования. Для этого она должна, с одной стороны, эмансипироваться от слепой ориентации на физику в сфере теоретического мышления, отказаться от копирования чисто физических объяснительных схем и найти независимую теоретическую базу. С другой стороны, химии следует освоить точную физическую технику измерений. Важным этапом на пути модернизации химии должна стать реформа ее языка, основы которой также набросаны Венелем.

Отдадим должное глубине венелевского предвидения: ведь химия во второй половине XVIII в. развивалась как раз по намеченному им пути. Более того, будущее преобразование химии Венель описывает как процесс, имеющий социальную основу, причем он постоянно использует откровенно политическую лексику! «Очевидно,— пишет он,— что революция, которая дала бы химии достойное ее положение... могла бы быть осуществлена лишь химиком искусным, преисполненным усердия и отваги, который, очутившись в удачной ситуации и

умело воспользовавшись счастливыми обстоятельствами, смог бы привлечь к себе внимание других ученых, поначалу блеском своих обещаний, потом решительностью и убедительностью суждений, а затем и силой своих аргументов, с самого начала разрушая существующие предрассудки⁶. Мы видим, что Венель приписывает будущему зачинателю химической революции роль лидера своего сообщества, которому предстоит переубедить своих коллег и повести их за собой.

Венель и дальше неоднократно употребляет в своей статье слово «революция», соотнося его с различными событиями в физике, химии и медицине (например, революцию в последней он связывает с деятельностью Парацельса), причем в содержание каждой из упомянутых им революций в науке он включает те или иные социальные измерения. Здесь речь идет о событиях прошлого, но, говоря о развитии химии, Венель предлагает вполне конструктивную программу ее будущей революции. Статью Венеля можно, по всей вероятности, считать первым в истории науки текстом, содержащим прогноз будущей научной революции, а к тому же и явно акцентирующим какие-то ее социальные аспекты. Если предшествовавшие авторы только упоминали о тех или иных событиях, которым они присваивали статус революций, то Венель уже предлагает вполне развернутую концепцию химической революции.

ПРОРОЧЕСТВО АНТУАНА ЛАВУАЗЬЕ: ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Теперь, как мне кажется, можно предложить и вполне разумное истолкование прогноза Лавуазье. Статья Венеля пользовалась в течение всей второй половины XVIII в. большой популярностью среди химиков; Лавуазье не только знал эту работу, но и восхищался ею, специально подчеркивая ее «огромный вклад» в прогресс химической науки⁷. Возможно,

⁵ Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. T. I. P., 1751, p. XXVI.

⁶ Ibid., t. III. P., 1753, p. 409—410.

⁷ Lavoisier. Oeuvres. T. II. P., 1862, p. 669.

что его собственная, прочно сложившаяся к началу 70-х годов убежденность в необходимости внедрения в практику химических экспериментов точных методов измерений, уже освоенных физикой, в какой-то мере сложилась под влиянием этой статьи; во всяком случае, идеи Венеля были близки Лавуазье. Фразу Лавуазье о революции в физике и химии можно понять как своего рода переключку с программой Венеля: ведь Лавуазье, основываясь на своих знаменитых опытах 1772 г., как раз и собирался начать широкую серию экспериментов по изучению процессов, в которых высвобождались «упругие флюиды», причем в основе этих экспериментов должны были лежать точные измерения весов. И он имел все основания надеяться, что эти опыты могли привести к той революции, которую предсказал некогда Венель; эта революция, согласно тому же предсказанию, должна была поставить химию «в ряд с пользующейся расчетами физикой»⁸, т. е. она в равной мере затрагивала обе науки, по крайней мере, в плане их социального статуса (о чем писал Венель и о чем задумывался и Лавуазье). Итак, фразу Лавуазье можно, как кажется, целиком понять, если принять два допущения: влияние текста Венеля и социальную интерпретацию процесса научной революции. Оба допущения представляются оправданными.

КОНЕЦ ВЕКА

В 90-е годы XVIII в. воздействие социополитического контекста на подобные рассуждения должно прослеживаться с максимальной определенностью.

Можно отобрать несколько наиболее характерных текстов, два из которых принадлежат самому Лавуазье. Это — его письма Франклину и Шапталю (известному французскому химику, неоднократно писавшему о революциях в науке). Эти письма замечательны прежде всего явно социологической интерпретацией процесса химической революции.

Вот что Лавуазье пишет Франклину 2 февраля 1790 г.

«Сейчас французские ученые разделились на сторонников старой и новой теории. На моей стороне — господа де Морво, Бертолле, Фуркруа, Лаплас, Монж и вообще физики Академии. Ученые Лондона и Англии также постепенно отходят от теории Штала, но за нее все еще держатся немецкие химики. Такова революция, произошедшая после Вашего отъезда из Европы в одной из важнейших областей познания. Я буду считать эту революцию далеко продвинувшейся и даже вполне законченной, если и Вы присоединитесь к нам. А теперь, когда Вы осведомлены о ситуации в химии, можно рассказать Вам и о нашей политической революции. Мы считаем, что она уже свершилась необратимо. Все еще существует аристократическая партия, несомненно, слабейшая, все усилия которой тщетны. Демократическая партия гораздо многочисленнее, и на ее стороне большая часть профессоров, философов и всех образованных людей».

Смысл этого отрывка создается его внутренней симметрией. Очевиден параллелизм между описанием революции в науке и революции в общественной жизни: обе вызывают поларизацию внутри тех социальных групп, которые оказываются вовлеченными в эти революции, обе приводят к образованию противоборствующих «партий». Если политическая революция ведет к смене власти в стране, то революция научная заканчивается сменой авторитетов (своего рода сменой власти) в научной среде. Иначе говоря, Лавуазье видит, что революция имеет своим результатом то, что современная социология называет сменой социального контроля над деятельностью научного сообщества. Та же мысль выражена и в письме Шапталю, написанном в 1791 г.: «Все молодое поколение принимает новую теорию, и это значит, что революция в химии уже завершена»⁹.

То, что под влиянием социальной обстановки начала 90-х годов уже само употребление слова «революция» неминуемо должно было вызывать аналогию с политическими событиями — вполне естественно: напряженность доминировавших в то время идеологических импульсов достигла такой интенсивности, что социальный контекст и в самом деле мог «навязывать» вполне определенную интерпретацию тех явлений, для описания которых использовалось это слово. Что же касается отмеченной «социологической» интерпретации, то она, вероятно, была следствием личного опыта Лавуазье. Долгие годы он был одним из лидеров Академии, одно время занимая пост директора, и внутренняя жизнь этого храма французской науки была ему хорошо известна. Именно в подобных Академии научных институтах с жесткой внутренней иерархией и соответствующей системой привилегий борьба за утверждение новых воззрений обычно проявляется также и как борьба за влияние и прерогативы. Совершенно аналогичная ситуация возникла в Академии через тридцать лет в связи со спорами вокруг корпускулярной и волновой оптики¹¹.

Остановимся еще на двух текстах. Первый из них — энциклопедическая статья, вновь посвященная химии — она написана в течение 1795—1797 гг. де Фуркруа для знаменитой «Методической энциклопедии»¹². Фактически перед нами большая (свыше 500 страниц) монография по истории и новейшему состоянию этой науки.

Влияние Венеля очевидно и здесь: Фуркруа даже начинает свою работу с перепечатки полного текста его статьи. Неудивительно, что недавние перемены в химии он описывает именно как революцию, употребляя это слово постоянно и систематически. Существенное новшество состоит в том, что Фуркруа представляет химическую революцию как длитель-

⁹ Klooster H. S. van. — J. of Chem. Education, 1946, v. 2, p. 108.

¹⁰ Grimaux Edouard. Lavoisier, 1743—1794. P., 1888, p. 126.

¹¹ Fox R. — Historical Studies in the Physical Sciences, 1974, v. 4.

¹² Encyclopédie méthodique. Chimie, pharmacie et métallurgie. T. III. P., 1796.

⁸ Encyclopédie..., t. III, p. 409.

ный и многомерный (включающий, опять-таки, социальные моменты) процесс внутренних преобразований химической науки, которые она «испытывала начиная с 1751 г. и далее, через 1766 и 1772 г. — вплоть до 1788 г., когда ее пути более или менее определились;... и ныне химия стала совершенно новой наукой, абсолютно непохожей на то, чем она была до этой достопамятной революции»¹³. Эта идея, лишь недавно «перезооткрытая» науковедением, вполне могла быть навеяна уроками исторических событий — ведь и французская революция выглядела ко времени написания статьи Фуркруа отнюдь не мгновенным социальным катаклизмом. В соответствии с таким пониманием революционного процесса в науке Фуркруа подчеркивает длительность и постепенность поляризации научного сообщества, а также существование «нейтрального» лагеря, являющегося как бы резервом для обеих противоборствующих сторон¹⁴. Сегодня такие поляризационные процессы активно изучаются социологией науки. Описание Фуркруа было недавно подтверждено историко-социологическим исследованием революции в химии¹⁵.

Перейдем к последней из подлежащих рассмотрению работ — книге французского философа и врача Кабаниса «Взгляд на революции и реформы медицины»¹⁶ (правда, она вышла уже в 1804 г., но писалась в середине 90-х годов). Она примечательна прежде всего тем, что здесь идея научной революции до конца универсализируется — вся история медицины интерпретируется в терминах последовательности революций, сменяющихся периодами адаптации порожденных ими тенденций — периодами реформ. Представление о множественности и в каком-то смысле закономерности революций в науках, присутствующее у



Марселен Бертло (1827—1907).

большинства авторов того времени и, несомненно, стимулированное общим направлением французской общественной мысли второй половины XVIII в., получает у Кабаниса логическое завершение.

Его концепция наиболее радикальна также и в отношении акцентирования того, что сегодня обычно называют несоизмеримостью предреволюционной и послереволюционной парадигм. Каждая эпоха в науке, развивающая рожденные революцией тенденции, находит, отмечает Кабанис, собственные способы классификации фактов; в итоге все такие эпохи «будут претендовать на исключительность обладания истиной, и все будут по-своему правы, если только созданные ими системы естественным образом охватят и объединят все известные факты»¹⁷. Интересно, что ученые, писавшие о революции в науках до 90-х годов XVIII в., в целом были склонны отмечать не разрывность, а преемственность развития научных идей. Этот новый момент подчеркивания дискретности и необратимости революций, присутствующий, как легко видеть из приведенных ци-

тат, и в письмах Лавуазье начала 90-х годов, и в работе Фуркруа, вряд ли можно объяснить только интеллектуальными факторами, скажем, ощущением разрыва «кислородной» химии с «флогистонной» (между прочим, сам Лавуазье в знаменитой статье «Размышления о флогистоне», опубликованной в 1786 г., наряду с полемикой против теории Штала отмечал и ее непреходящие, по его мнению, достижения)¹⁸. Вероятно, здесь также необходимо учитывать социологические факторы: события 1791—1795 гг. уничтожили распространенные прежде представления либералов о «косметическом» характере будущей революции, и этот сдвиг в общественном сознании привел к тому, что и в научных революциях отныне стали видеть не совсем то, что в них видели прежде.

Обострение социальных конфликтов приводило к тому, что во Франции именно политический язык делался эффективным и широко применяющимся средством социальных коммуникаций (вероятно, в Англии с ее традициями несравненно большего плюрализма и расчлененности различных сфер общественной жизни подобное явление вряд ли бы возникло). Использование этого языка реально влияло и на отбор существенных, по мнению ученых, событий истории науки, и на их интерпретацию, создавая предпосылки для появления и распространения описанных выше представлений. С другой стороны, сами ученые, судя по всему, сознательно использовали новую социальную риторику в своих собственных интересах — например, для привлечения внимания к своим результатам, программам и потребностям, для выставления в более выгодном свете достижений и т. п. С течением времени выражение «научная революция» пообобрело и терминологическое содержание, став одним из внутренних интеллектуальных ресурсов научного сообщества.

Можно привести и другие примеры, иллюстрирующие эти выводы. Так, в работах 50-х —

¹³ Ibid., p. 715.

¹⁴ Ibid., p. 541.

¹⁵ McCann H. Gimman. *Chemistry Transformed; The Paradigmatic Shift from Phlogiston to Oxygen*. Norwood, 1978.

¹⁶ Cabanis. *Oeuvres Philosophiques*. T. II. P., 1956.

¹⁷ Ibid., p. 68.

¹⁸ Lavoisier. *Oeuvres*. T. II, p. 624.

60-х годов XVIII в. революция в науке обычно приписывается более конструктивному содержанию, нежели реформам, а в текстах 90-х годов это отношение постепенно меняется на обратное, что заметно, в частности, у Кабаниса. Вероятно, здесь сыграл роль фактор общественной усталости: катаклизмы 1791—1795 гг. породили стремление к внутренней стабильности и реформам, политическими итогами которого стали и Директория, и Консульство, и Империя.

ЭПИЛОГ: СТО ЛЕТ СПУСТЯ

С начала XIX в. упоминания о революциях в науках почти целиком и надолго исчезают из французской научной литературы — причины этого вполне очевидны. Иногда это выражение всплывает у английских авторов, иногда у американцев, изредка оно появляется и во французских историко-научных работах — но прежней массовости нет и в помине. При этом оно полностью теряет бы-

лую идеологическую нагруженность, превращаясь в не слишком распространенный оборот речи, служащий для обозначения крупных изменений научного знания. Его быстрое социальное наполнение практически теряется.

Начало возрождения падает уже на 90-е годы XIX в. Во Франции отмечалось столетие Революции, и к этому юбилею приурочил издание своей книги «Химическая революция — Лавуазье»¹⁹ крупнейший химик, историк науки и видный государственный деятель Бертло. Эта книга, где были помещены и отрывки из упоминавшегося дневника Лавуазье, открывалась программным утверждением: революция в химии, совершенная Лавуазье, соизмерима по своему внутреннему значению исторической роли Великой Французской Революции. Книга Бертло имела большой резонанс во Франции, и слово, стоящее в ее заголовке, было подхвачено журналистами

и популяризаторами науки: ведь как раз в 90-е годы были открыты рентгеновские лучи и радиоактивные процессы, и эти события потрясли широкую публику. Слово «революция» всплыло очень своевременно, соответствуя духу огромного общественного интереса к открытиям А. Беккереля и В. Рентгена: революция как внезапный и всеобъемлющий переворот научных представлений.

Таким образом, возврат к идее научной революции также не был результатом лишь внутренней эволюции научного самосознания, хотя и она также играла свою роль (в частности, эта идея оказалась удачной находкой для начавшей складываться как раз в 90-е годы прошлого века и как раз во Франции профессиональной историографии науки).

Дальнейшая судьба идеи научной революции связана с научной, духовной и социальной жизнью нашего столетия. Однако это — уже совсем другая история.

¹⁹ Berthelot M. La Révolution Chimique — Lavoisier. P., 1890.

ПРИРОДА

ИЗ СТАТЬИ «ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ»
ПРОФ. О. Д. ХВОЛЬСОНА.

...В настоящее время мы вновь переживаем время ломки старого научного здания, но такой ломки, которой не знает история науки и которая по обширности и основательности далеко оставляет за собою все прежние.. Эта ломка, этот неслыханный по своей грандиозности научный переворот, прежде всего, тем замечателен, что он почти одинаково затрагивает все отделы физики. Ни одна из частей великого научного здания, сооруженного работами нескольких столетий, не остается в прежнем ее виде; все они до основания разрушаются, вся физика заменяется новою. Но это еще не все! Разрушается не только наука, составляющая достояние сравнительно немногих, но в самом корне переиначиваются самые основные, элементарнейшие представления обыденной жизни, с которыми мы свыклись с малолетства, которые казались не подлежащими никакой критике, никакому сомнению. Разрушаются даже такие истины, которые некогда и никем не высказывались, не подчеркивались, потому что они казались само-

очевидными и потому что ими бессознательно пользовались все и клали их в основу всевозможных рассуждений. Мы имеем, главным образом, в виду неслыханный, по своей смелости и по своей сокрушительной силе, взгляд на понятие о времени, о длине и о пространстве.

Новое учение, возникшее в 1905 г. по почину Эйнштейна и известное под названием принципа относительности, или, как иногда говорят, релятивистского, переворачивает вверх дном всю физику....

Пока занимаются новым учением еще сравнительно немногие люди науки, и немало им приходится работать, вдумываться, отказываться от всего, к чему они привыкли, и мало-помалу приучать себя мыслить и рассуждать по-новому. Если бы новые идеи добились всеобщего признания и пришло бы время сделать их обязательным достоянием всех образованных людей, то человечеству пришлось бы пережить такой интеллектуальный переворот, сравнительно с которым... переход от геоцентрического мировоззрения к гелиоцентрическому показался бы совершенно простым и ничтожным....

Новые представления о природе красной волчанки

В. К. Подымов



Владимир Константинович Подымов (30.III 1938 — 30.VI 1980), доктор медицинских наук, заведовал отделом лигандной патологии Научно-исследовательского института по биологическим испытаниям химических соединений. Занимался проблемами нейросекреции, работал в области космической биологии, а его работы по лекарственным волчаночноподобным синдромам, дискоидной и системной красной волчанке положили начало новой и весьма перспективной области патологии — лигандной патологии.

Последние годы успешно занимался проблемой клеточной рецепции. Автор новой концепции структуры клеточных рецепторов для нейромедиаторов. Автор более 100 научных работ и монографий: Красная волчанка. Ереван, 1981.

Первый вопрос, который возникает при встрече с термином «красная волчанка», — это вопрос: почему красная и почему волчанка. Видимо, потому, что один из симптомов этого заболевания — воспалительные поражения кожи на носу и щеках, подобные ожогам, часто имеют форму бабочки. Очаги поражения кожи на лице делают его похожим на физиономию волка, у которого шерсть на переносице и щеках окрашена в другой цвет, чем на лбу, отсюда и название. Когда «бабочка» появляется, врачи без особых затруднений ставят диагноз красной волчанки. Но «бабочка» — всего лишь один из внешних признаков этого тяжелого системного заболевания, поражающего преимущественно людей в возрасте от 20 до 40 лет. Болеют им в основном женщины.

Красная волчанка известна медицине уже более 100 лет. Однако причины и механизм развития этого заболевания до сих пор неясны. Повышенный интерес к нему в последние годы объясняется, по-видимому, тем, что это заболевание проявляется множеством разнообразных клинических, морфологических, биохимических и иммунологических изменений. Сам термин «красная волчанка» применяется в современной медицине для обозначения трех патологических состояний: дискоидной красной волчанки, спонтанной

системной красной волчанки и лекарственных волчаночноподобных состояний. При дискоидной волчанке поражается преимущественно кожа. Спонтанную системную красную волчанку рассматривают как классическое аутоиммунное заболевание, так как у больных в крови обнаруживаются самые разнообразные аутоантитела — антитела к разным компонентам собственных клеток. Кроме того, при красной волчанке поражается соединительная ткань (так называемый коллагеноз) почти всех органов, однако чаще всего затрагиваются кожа, суставы, легкие, почки и сердце. Аналогичная картина наблюдается и при лекарственной волчанке, возникающей после длительного применения ряда лекарств. Распространенность самой тяжелой (системной) формы красной волчанки, относительно невелика: всего в мире болеет примерно 500 тыс. человек и около 50 тыс. случаев обнаруживается каждый год.

Однако помимо практического значения изучение этого заболевания представляет один из самых оживленных перекрестков современной теоретической медицины. Несмотря на определенные успехи в лекарственном лечении этих состояний (кортикостероиды, цитостатики, аминокислотные препараты), теоретические

аспекты проблемы нельзя считать достаточно разработанными.

В настоящее время красную волчанку считают типичным аутоиммунным заболеванием, при котором иммунные нарушения приводят к образованию различных антител, и в первую очередь, антител к собственной ДНК. Эти антитела в комплексе с аутоантигенами, т. е. с ДНК, откладываются на базальных мембранах клеток различных органов, вызывая тем самым их повреждение¹.

В этой статье мы попытаемся изложить свои взгляды на механизм развития патологических состояний красной волчанки, генетическую предрасположенность к ним и роль определенных факторов среды в их развитии. Нам представляется, что понять механизм возникновения спонтанной системной красной волчанки можно, лишь разобравшись в механизме дискоидной красной волчанки и лекарственных волчаночноподобных синдромов.

ПОЧЕМУ «БАБОЧКА» ПОЯВЛЯЕТСЯ ИМЕННО НА ЛИЦЕ?

О повышенной фоточувствительности кожи лица, волосистой части головы и шеи больных красной волчанкой известно давно. Обострение заболевания, как правило, бывает весной и летом, т. е. в период максимальной солнечной активности. Однако причины этой повышенной чувствительности до сих пор не получили своего объяснения. Разобраться в этом и понять, почему «бабочка» появляется именно на лице, нам помогло переоткрытие и переосмысление ряда находок.

Если рассмотреть кожу лица взрослого человека в ультрафиолетовом свете (400—410 нм), можно увидеть светящиеся красным светом точки, соответствующие устьям волосных фолликулов. Впервые эту флюоресценцию на коже носа и щек, применив стекло Вуда, наблюдал еще в 1927 г. С. Боммер², однако он не смог объяснить природу свечения. В 1934 г. другой исследователь К. Кари предположил, что красная флюоресценция кожного сала вызвана продуктами жизнедеятельности грамположительных бактерий³. Микробио-

логи Х. Корнелиус и К. Людвиг считали, что флюоресценция кожного сала обусловлена порфиринами, продуцируемыми бактериями *Corynebacterium asnes*⁴. Мы пришли к другому выводу. Давно известно, что у мелких грызунов в глазнице имеется маленькая Гардерова железа, в состав секрета которой входит порфирин, окрашивающий слезы в красный цвет. Но никто, однако, не объясняет присутствие порфирина в секрете Гардеровой железы жизнедеятельностью бактерий. Мы обратили внимание на то, что сальные железы кожи и Гардерова железа относятся к довольно редкому типу желез — к железам голокринового типа секреции, заключающимся в том, что клетки железы, созревая, превращаются в секрет и выталкиваются из эпителия наружу. Какую функцию выполняет порфирин в секрете Гардеровой железы — неизвестно, хотя все, кто работает с крысами, знают, что, когда крысе плохо (когда она болеет или ей сделают больно), она умывается — усердно натирает лапками нос, уши, хвост, задние лапки, т. е. места, не покрытые шерстью. Если посмотреть на такую умывающуюся крысу в ультрафиолетовом свете, то можно видеть, что все места, которые она так тщательно натирает, светятся ярко розовым светом. Так как порфирин — сильный фотодинамический агент, мы предположили, что он нужен грызунам для защиты от инфекции: на свету он окисляет болезнетворные микробы.

А что, если сальные железы кожи лица человека представить как Гардеровы железы грызунов, которые «рассыпались» на мелкие железки? При исследовании кожи человека оказалось, что положение светящихся точек соответствует устьям волосных фолликулов, а светящейся субстанцией является кожное сало. Наиболее ярко светящиеся точки соответствуют самым крупным сальным железам, которые, как известно, локализируются в коже щек, спинки и крыльев носа. На коже волосистой части головы, шеи, груди и спины интенсивность красной флюоресценции значительно ниже, чем на лице. На коже остальных частей тела красной флюоресценции макроскопически выявить не удалось.

Поскольку работа сальных желез кожи человека тесно связана с функциональным состоянием желез внутренней

¹ Насонова В. А. Системная красная волчанка. М., 1972.

² Bommer S. — Klin. Wschr., 1927, v. 6, p. 1142

³ Carrie C. — Derm. Zeitschr., 1934, B. 70, S. 189.

⁴ Cornelius Ch. E., Ludwig C. D. — J. Invest. Derm., 1967, v. 49, № 4, p. 358.

секреции, мы исследовали характер флюоресценции секрета сальных желез детей в зависимости от возраста и пола. Оказалось, что красная флюоресценция кожного сала появляется у девочек в возрасте между 11 и 13,5 годами (приблизительно за 6 месяцев до наступления первой менструации), а у мальчиков несколько позже — между 11,5 и 14,5 годами.

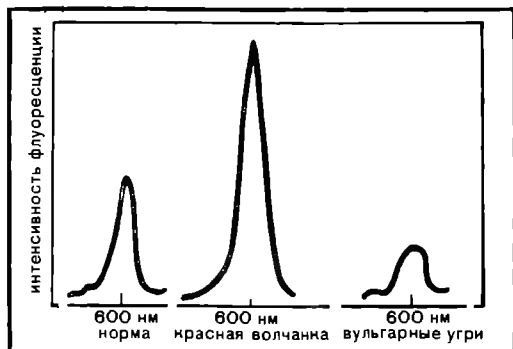
В организме человека и животных и в норме и при патологических состояниях известен лишь один класс химических соединений, обладающих интенсивной красной флюоресценцией, — порфирины. Мы идентифицировали порфирин в секрете сальных желез человека как копропорфирин III. Отсутствие красной флюоресценции в кожном сале конечностей взрослых, а также в секрете всех сальных желез кожи детей, можно объяснить очень малым содержанием порфирина, обусловленным низкой функциональной активностью желез. Таким образом, появление порфиринов в кожном сале можно связать с половым созреванием человека, что может иметь существенное значение в расшифровке молекулярных механизмов ряда кожных заболеваний и, в частности объяснить почему дети младше 10 лет почти не болеют волчанкой.

Против того, что флюоресценция кожного сала — результат жизнедеятельности бактерий, говорят следующие факты: во-первых, если порфирин кожного сала продуцируется бактериями, то наиболее яркая флюоресценция должна быть у отверстий волосяного фолликула, так как бактерий у кожной поверхности больше, чем в глубине фолликула. На деле же, напротив, чем ближе к поверхности, тем флюоресценция столбика кожного сала слабее. Во-вторых, под электронным микроскопом в секрете сальных желез кожи бактерии не были обнаружены.

Происхождение порфирина в кожном сале представляет определенный теоретический интерес и связано, по нашему мнению, с голокриновым типом секреции. Однако в практическом отношении не столь уж важно — продуцируется ли порфирин бактериями или его появление — результат голокринового типа секреции. Более существенно то, что само присутствие порфирина в секрете сальных желез кожи, до сих пор ускользавшее от внимания биологов и врачей, может иметь большое значение для клиники ряда кожных заболеваний. Если исходить из нашего предположения о защитной роли порфирина в кожном сале от инфекции, то уменьшение его со-

держания должно значительно ослаблять антибактериальные свойства кожного сала. Действительно, сравнительное изучение количественного содержания копропорфирина III в секрете сальных желез кожи лица человека в норме, при красной волчанке и вульгарных угрях подтвердило наше предположение.

Выше мы высказали предположение, что наличие порфирина в секрете сальных желез кожи человека и в секрете Гардеровых желез мелких грызунов связано с голокриновым типом секреции. На чем оно



Интенсивность флюоресценции экстракта секрета сальных желез кожи лица.

основано? Известно, что многие соединения, повышающие чувствительность кожи к свету, в том числе и порфирины, накапливаются в лизосомах живых клеток. Изучая это явление в опытах с культурами клеток, А. Аллисон с сотрудниками нашли удобный метод избирательного повреждения различных компонентов живой клетки⁵. Они инкубировали клетки в темноте, добавляя в среду такие соединения, как нейтральный красный, антрацен и порфирины. Затем клетки освещали светом той длины волны, которая поглощается только этими фотосенсибилизаторами и не поглощается самой клеткой. В результате фотоокисления наблюдалось избирательное повреждение мембран лизосом, тогда как другие мембраны клеток, ядро и остальная часть цитоплазмы не затрагивались. Ферменты, высвобождающиеся из лизосом, через некоторое время вызывали гибель клетки.

⁵ Allison A. C., Magnus I. A., Joung M. R.—Nature, 1966, v. 209, № 5026, p. 874.

Кроме того, все изменения, происходящие в клетках сальных желез кожи в процессе голокриновой секреции, можно рассматривать как процессы, аналогичные жировой дегенерации, заканчивающиеся полным распадом клетки и превращением ее в каплю жира. В этой связи представляет интерес наблюдение за лизосомами при созревании клеток железы и их разрушении. По мере созревания зрелых клеток сальной железы лизосомы разрываются, высвобождая гидролитические ферменты, и клетка разрушается. Видимо, ферменты лизосом каким-то образом связаны с процессами выработки секрета.

Исходя из сходства процессов, описываемых Аллисоном в культуре клеток после фотодинамического воздействия, и изменений, наблюдающихся в клетках сальных желез в процессе секреции, с учетом данных о наличии порфирина можно предположить, что дестабилизация лизосомальных мембран в процессе выработки секрета осуществляется именно с участием порфирина. Голокриновый тип секреции встречается относительно редко, и поэтому существенно не только то, что секрет Гардеровых желез мышей и крыс и сальных желез кожи человека содержит порфирины, но и то, что и те и другие железы относятся именно к данному типу секреции.

В общем механизм поражения кожи при красной волчанке можно представить следующим образом: в силу действия различных внешних и внутренних причин фотодинамическая активность порфирина кожного сала может повышаться. В результате захваченный лизосомами или действующий снаружи на лизосомальные мембраны порфирин под действием света дестабилизирует и преждевременно высвобождает лизосомальные ферменты, действие которых теперь направлено не на участие в продукции кожного сала, а на переваривание клеток первого слоя сальной железы, ее базальной мембраны и далее окружающих желез тканей. Сначала развивается фотодинамическое воспаление отдельного волосяного фолликула, своеобразный фотодинамический фолликулит. В дальнейшем фолликулиты, сливаясь, образуют первичные очаги поражения кожи при красной волчанке.

Итак, мы разобрались в механизме поражения кожи у больных красной волчанкой, но вспомним, что помимо дискоидной красной волчанки, при которой поражается преимущественно кожа, существует

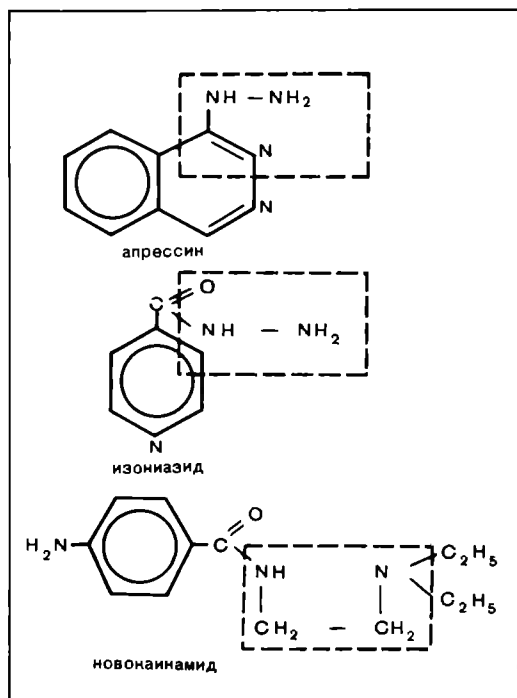
и системная красная волчанка, когда наряду с кожей поражаются и внутренние органы. Дерматологи считают системную красную волчанку вариантом течения дискоидной, а большинство терапевтов — самостоятельным, не связанным с дискоидной волчанкой, заболеванием. Мы полагаем, что это все-таки различные формы одного и того же заболевания, так как, по нашему мнению, кожа поражается всегда в первую очередь при любой красной волчанке, за исключением, может быть, отдельных форм искусственной волчанки, например лекарственной, а поражение внутренних органов и суставов — лишь следствие патологических изменений в коже. Тут же возникает возражение — а ведь существует же волчанка, не сопровождающаяся кожными изменениями, на которую врачи обратили внимание еще в начале века. Дело в том, что не всякое поражение кожи легко заметить невооруженным глазом, а кто может поручиться, что в коже, на вид неизменной, нет патологических изменений, которые можно было бы увидеть с помощью микроскопа. К тому же волчанка без «волчанки» — явление относительно нечастое (по данным различных авторов от 28,5 до 5,7%). При этом интересно, что системная волчанка начинается с кожных поражений в 7,6—28,5% случаев, а в целом кожа поражается в 71,5—100% случаев, из чего можно предположить, что кожные изменения заметны не сразу. Поэтому нам кажется, что волчанка без «волчанки», по сути дела, не бывает.

В настоящее время большинство авторов придерживается аутоиммунного механизма поражения соединительной ткани при красной волчанке. Мы не можем согласиться с этим, и чтобы разобраться в этой проблеме, обратимся к лекарственным волчаночноподобным синдромам.

ЛЕКАРСТВЕННАЯ ВОЛЧАНКА

Когда говорят о лекарственных волчаночноподобных синдромах, проводят параллели со спонтанной системной красной волчанкой, так как оба эти заболевания характеризуются, с одной стороны, системным поражением соединительной ткани, что позволяет их рассматривать как коллагенозы, а с другой — наличием в крови больных широкого спектра аутоантител, в связи с чем их относят к аутоиммунным заболеваниям. И почему-то механизм

развития лекарственной волчанки пытаются обычно объяснить с позиций спонтанной волчанки, а не наоборот, хотя, казалось бы, это проще сделать: ведь все симптомы лекарственной волчанки исчезают через определенное время после отмены лекарственных препаратов, в то время как самопроизвольная волчанка сама никогда не проходит. К настоящему времени известно более 30 препаратов, длительное применение которых вызывает волчаночноподобные синдромы (например, апрессин — противогипертоническое, тубазид — противо-



Структурные формулы препаратов, длительное применение которых вызывает лекарственную волчанку. Пунктиром выделены хелатные узлы.

туберкулезное, новокаинамид — противоритмическое, дионы и производные гидантоина — противосудорожные средства). Молекулярные механизмы, приводящие к развитию лекарственной волчанки, не установлены. Возникает целый ряд вопросов: что общего между всеми этими препаратами, каким образом они приводят к появлению в крови аутоантител и почему не

у всех больных, леченных этими препаратами, развивается волчаночноподобный синдром?

Препараты, вызывающие лекарственную волчанку, применяются при различных заболеваниях и относятся к самым различным химическим классам. Объединяет их одно — все они назначаются длительным курсом, но этого вовсе недостаточно, чтобы объяснить патогенез лекарственной волчанки. Существует целый ряд схем патогенеза лекарственных волчаночноподобных синдромов. Авторы этих схем пытаются в первую очередь объяснить механизмы происхождения иммунологических феноменов, несмотря на то что причастность последних к развитию всего комплекса патологических изменений нельзя считать строго доказанной ни в случае спонтанной системной красной волчанки, ни в случае лекарственной.

При построении нашей схемы мы попытались найти то общее для препаратов свойство, которое может быть ответственно за развитие болезни. Этим свойством, по нашему мнению, следует считать общую для апрессина, тубазида, новокаинамида, дифенина и ряда других препаратов или их метаболитов способность к образованию комплексов с ионами металлов с переходной валентностью, и в частности с ионами двухвалентной меди. Все эти соединения имеют так называемые клешни (греч. *χελαι*), за счет которых и образуются хелатные комплексы.

ЛИГАНДНАЯ ПАТОЛОГИЯ

В отличие от неживой природы, в любых макро- и микроорганизмах ионы металлов существуют преимущественно в форме хелатных комплексов с биолигандами — аминокислотами, белками, нуклеиновыми кислотами, фосфолипидами, витаминами, т. е. соединениями, которые содержат атомы, способные отдавать свои электроны (N, O и S). Комплексы металлов с лигандами жизненно необходимы в полном смысле этого слова, когда речь идет о ферментативном катализе, метаболизме, транспортных явлениях и действиях различных лекарственных препаратов, т. е. в любом здоровом организме должен соблюдаться металло-лигандный гомеостаз: $M + L \rightleftharpoons ML$, где M — ион металла, L — лиганд, ML — хелатный комплекс. Это равновесие может нарушаться как за счет изменения содержания в организме ионов металлов (отравление солями тяжелых металлов, недостаточность микроэлементов),

так и за счет изменения концентрации лигандов. Развивающуюся в этом случае патологию мы определяем как лигандную. Примером лигандной патологии, возникающей вследствие сдвига металло-лигандного равновесия за счет введения в организм экзогенных патогенных лигандов, может служить лекарственная волчанка.

Очевидно, что лекарственную волчанку, так же как и спонтанную, следует рассматривать не только с позиций иммунной патологии, но и как коллагеноз. Мы решили проанализировать, как препараты, вызывающие развитие волчаночноподобных синдромов, могут влиять на обмен соединительной ткани. Известно, что сборка отдельных белковых цепей коллагена происходит внутри клетки, а сшивка этих цепей и формирование из них коллагеновых волокон — вне клетки. Для образования поперечных сшивок при формировании коллагенового волокна необходим медьсодержащий фермент лизилоксидаза. Если перечисленные выше препараты образуют комплекс с двухвалентной медью лизилоксидазы и тем самым блокируют ее активность, коллагеновое волокно не формируется, т. е. растворимый коллаген не превращается в нерастворимый. По-видимому, при лекарственной волчанке происходит не распад коллагена, как это считает большинство исследователей, а дефект формирования его волокон. Аналогичные изменения в соединительной ткани описаны и при латиризме — заболевании, характеризующемся поражением соединительной ткани и вызываемом некоторыми растениями или их ядовитыми компонентами. Действующим началом ядовитых компонентов, вызывающих это заболевание, является β -аминопропионитрил, который так же, как и апресин, тубазид и другие перечисленные выше препараты, имеет в своем составе клешни. Правильность наших построений доказывает и тот факт, что дефицит меди в диете животных приводит к развитию аналогичной патологии соединительной ткани.

Но каким образом с данных позиций можно объяснить появление в крови больных широкого спектра аутоантител?

ОТКУДА БЕРУТСЯ АНТИГЕНЫ ПРИ КРАСНОЙ ВОЛЧАНКЕ?

Мы полагаем, что источником аутоантигенов в этом случае является кожа, и в частности сальные железы кожи. В силу голокринового типа секреции в сальных железах кожи в процессе выработки секре-

та постоянно происходит распад ядер, в результате чего в составе кожного сала имеются самые разнообразные фрагменты клеточных органелл и самые необычные для организма комбинации этих фрагментов (в частности, ДНК-белок, РНК-белок и др.). В норме кожное сало изолировано от иммунной системы (оно обычно выбрасывается на поверхность кожи и смазывает ее) и поэтому является чужеродным для организма.

Если допустить, что в первичном очаге поражения при красной волчанке возникнут условия, когда кожное сало попадает в кровь и лимфу, то оно становится мощным полиаутоантигеном. Такие условия вполне вероятны в очагах фотодинамического поражения кожи, в частности в области «бабочки» у больных красной волчанкой. Если учесть, что в организме за сутки синтезируется свыше 10 г кожного сала и самые активные железы локализируются в коже лица, наиболее часто подвергающейся фотодинамическому поражению, то такое объяснение механизмов аутоиммунизации представляется корректным и в количественном отношении. При лекарственной волчанке нарушение сборки волокнистого компонента базальных мембран сальных желез кожи под влиянием лекарственных препаратов открывает доступ кожному салу — полиаутоантигену в кровь и лимфу и обеспечивает контакт источника антигена с иммунной системой. Таким образом, титр антител в крови больных может отражать в первую очередь количественные аспекты нарушений базальных мембран сальных желез кожи и соответственно интенсивность взаимодействия кожного сала с иммунной системой организма.

К моменту формирования изложенной концепции об источнике аутоантигенов при системной красной волчанке нам было известно только о наличии антител против ДНК у больных. Однако мы предположили, что если ДНК или ее фрагменты поступают в кровь и лимфу из сальных желез кожи, то в сыворотке больных системной красной волчанкой присутствуют антитела не только против ДНК и других фрагментов ядра, но и против всяких других компонентов распадающихся сальных желез — и противорибосомальные, и противомитохондриальные и многие другие, антигенами для которых служат составные части рибосом, лизосом, митохондрий и другие компоненты секрета сальных желез кожи. Анализ литературы по этому вопросу

подтвердил данное предположение — к настоящему времени в сыворотке больных системной красной волчанкой выявлено до 15 типов различных аутоантител против самых разных составных частей клетки.

Таким образом, если при спонтанной системной красной волчанке в силу фотодинамического действия порфирина на лизосомы, приводящего к высвобождению их ферментов и разрушению базальной мембраны железы, процесс начинается снаружи, то при лекарственной волчанке наоборот, процесс начинается сразу с разрушения базальной мембраны железы. Но аутоиммунный итог в обоих случаях один и тот же. Если же теперь пойти обратно от лекарственной волчанки к спонтанной и предположить, что и в случае последней в результате фотодинамического повреждения кожи в ней образуются патогенные лиганды, способные, аналогично лекарственным препаратам, образовать комплекс с медью лизилоксидазы и блокировать ее, то станут понятными механизмы поражения коллагена и при спонтанной системной красной волчанке. Предположительно ими могут быть составные части кожного сала (фрагменты гистонов, богатых лизином, других полипептидов, нуклеиновых кислот), а также фрагменты полипептидов базальных мембран, коллагена и кератина из очагов кожных поражений.

Почему же не все, что долго принимает описанные выше препараты, заболевают волчанкой? А этот вопрос относится к области фармакогенетики.

ВЛИЯНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Было высказано соображение о существовании особой генетической предрасположенности к развитию лекарственных волчаночноподобных синдромов — так называемого люпусного диатеза (от названия красной волчанки — *Lupus erythematosus*).

Рассмотрим возможность приложения к данной проблеме концепции недостаточности фермента N-ацетилтрансферазы, без которого так же, как без ингибирования лизилоксидазы, невозможно, с нашей точки зрения, понять механизмы развития как лекарственной, так и спонтанной системной красной волчанки.

Известно, что для ряда лекарственных препаратов один из метаболических путей в организме — превращение их в ацетильные производные при участии фермента N-ацетилтрансферазы, осуществляющей перенос ацетильной группы с ацил-коэнзима А (CoA) на тубазид, апрессин

и другие препараты. У некоторых лиц, принимавших обычные дозы тубазида, была отмечена особая склонность к развитию токсических эффектов⁶. В дальнейшем была установлена наследственная природа этого явления: все население земного шара по этому признаку делится на «быстрых» и «медленных» ацетиляторов, причем медленная инактивация представляет собой рецессивный признак, а быстрая — доминантный.

Из работ, посвященных фармакокинетике и метаболизму тубазида, следует, что у медленных ацетиляторов концентрация неизмененного препарата в крови — в 3 раза выше, чем у быстрых⁷. Учитывая способность неизмененного тубазида образовывать хелатные комплексы с ионами меди и влияние этих комплексов на обмен соединительной ткани, можно предположить, что именно медленные ацетиляторы предрасположены к развитию лекарственных волчаночноподобных синдромов в виде люпусного диатеза. Результаты наших исследований показывают, что ацетилирование аминогруппы препаратов, способных к комплексообразованию с ионами переходных металлов, в значительной степени ослабляет эту способность. По данным целого ряда клинических работ, действительно лекарственная волчанка развивается преимущественно у медленных ацетиляторов.

Итак, рассмотрев механизм развития дискоидной красной волчанки с позиций фотобиологии, лекарственных волчаночноподобных синдромов — с позиций лигандной патологии, а природу люпусного диатеза — как следствие генетически обусловленной недостаточности по N-ацетилтрансферазе, мы можем представить возможный механизм развития спонтанной системной красной волчанки как результат синтеза изложенных концепций.

В результате проведенного анализа механизмов развития трех патологических состояний, при обозначении которых применяется термин «красная волчанка», можно сделать вывод о правильности такого исторически сложившегося термина, так как, несмотря на существенные отличия в причинах, течении и исходе этих состояний, все они представляют собой различные звенья одной и той же цепи со-

⁶ Hughes H. P., Biehl L. P., Jones A. P. — Amer. Rev. Tuberc., 1954, v. 70, p. 266.

⁷ Perry H. M., Tan E. M., Carmody S., Sakamoto A. — J. Lab. Clin. Med., 1970, v. 76, p. 114.

битий, наиболее полно представленной в спонтанной системной красной волчанке. Развитие системной красной волчанки определяется взаимодействием в организме целого ряда генетических и внешних факторов и определенных физиологических состояний. К генетическим факторам относятся: пол, активность N-ацетилтрансферазы, особенности порфиринового обмена, и в первую очередь в сальных железах кожи, особенности обмена микроэлементами, и в первую очередь меди. К факторам внешней среды — инсоляция, питание (в аспекте обеспечения микроэлементами и лигандами и их уравниваемости), различные воздействия на ретикуло-эндотелиальную систему. К физиологическим состояниям относятся возраст, беременность, послеродовой период и др.

Предложенная нами гипотеза позволяет разработать принципиально новые методы рациональной терапии больных красной волчанкой. Прежде всего, о терапии кожных поражений. В настоящее время профилактические мероприятия включают в себя защиту от солнца — это мази «Хинная», «Салоловая», «Цинковая», кремы «Луч», «От загара» и другие. Однако неясно, от того ли света защищают перечисленные мази и кремы. Исходя из нашей концепции, можно думать, что единственно правильным для защиты кожи является применение светофильтра, поглощающего свет той длины волны, которую поглощают порфирины, а именно: с максимумом поглощения в диапазоне 400—410 нм. При этом надо учитывать, что такой способ защиты относится не только к мерам профилактики, но и к самой терапии, так как фотодинамические кожные поражения мы рассматриваем не просто как симптом дискоидной и системной красной волчанки, но и как начальное звено патогенеза системной красной волчанки.

Световой фильтр необходим для того, чтобы оборвать цепь патогенеза в самом начале, предотвратить фотодинамическое окисление конечного субстрата, не допустить образования и попадания в кровь и лимфу как аутогенов, так и агентов, хелатирующих медь лизилоксидазы и извращающих нормальный обмен соединительной ткани. Это первый этап патогенетической терапии.

Этот принцип был использован нами в направленном поиске лекарств для терапии кожных поражений при красной волчанке. Большой комплекс исследований по предложенной нами модели позволил разработать рецептуру и методы применения

мази «Фогем»⁸, действующим началом которой служит гемин. В эксперименте это лекарство в 90% случаев предотвращало фотодинамическое поражение кожи животных, индуцируемое копропорфирином III и облучением (~390 нм).

Следующим этапом должна быть защита меди лизилоксидазы, которая может быть осуществлена как присутствием двухвалентной меди, так и обезвреживанием лигандов, блокирующих эту медь. Исходя из этих принципов, были предложены препараты, которые в эксперименте показали нормализующее действие на фибриллогенез соединительной ткани.

Изложив свои гипотетические воззрения на патогенез красной волчанки лишь в части, имеющей фактическое и литературное обоснование, и понимая, что для получения окончательных доказательств правильности этих воззрений у него может нехватить ни времени, ни сил, автор считает свою задачу выполненной в теоретической части. Эксперименты покажут...

⁸ Фотозащитная мазь «Фогем» спустя 4 дня после смерти автора была утверждена Фармакологическим комитетом МЗ СССР к широкому применению. Остальные препараты проходят клинические испытания. — Прим. ред.

Публикацию подготовила Н. Г. Подымова.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Бернет Ф. КЛЕТОЧНАЯ ИММУНОЛОГИЯ. М.: Мир, 1971.

Насонова В. А. КРАСНАЯ ВОЛЧАНКА. М.: Медицина, 1972.

Подымов В. К. КРАСНАЯ ВОЛЧАНКА. Общая схема патогенеза и принципы патогенетической терапии. Ереван.: Айстан, 1981.

Уильямс Д. МЕТАЛЛЫ ЖИЗНИ. М.: Мир, 1975.

Из переписки Л. Эйлера и Д. Бернулли К 275-летию со дня рождения Л. Эйлера



ЛЕОНАРД ЭЙЛЕР 4[15].IV 1707—7[18].IX 1783.

Портрет выполнен швейцарским художником Э. Хандманом в 1753 г.

В 1982 г. научная общественность отмечает 275-летие со дня рождения выдающегося математика XVIII в., члена Петербургской Академии наук Леонарда Эйлера. Уроженец швейцарского города Базеля, Эйлер приехал в Петербург весной 1727 г. двадцатилетним, только начинавшим свою научную карьеру человеком. С этого времени его научная деятельность неразрывно была связана с русской наукой. В 25-летний период работы в Берлинской Академии наук [Эйлер принял предложение прусского короля переехать в Берлин в 1741 г.] он оставался почетным членом Петербургской Академии, приобретал для нее научную литературу и оборудование, подыскивал кандидатов на должности русской академии,

публиковал свои статьи в ее научном органе, редактируя одновременно статьи по математике, вел обширную научную и научно-организационную переписку. В частности, Эйлер переписывался с М. В. Ломоносовым, которого высоко ценил. Под руководством Эйлера в Берлине изучали математику будущие академики С. К. Котельников (1723—1806), С. Я. Румовский (1734—1810) и М. Софронов (1729—1760).

В 1766 г. Эйлер вместе с семьей вернулся в Петербург, где до конца своей жизни продуктивно разрабатывал проблемы современных ему математики, механики, физики, морской науки, страхового дела и т. д. За свою жизнь Эйлер написал около 900 работ. Его научные заслуги были высоко оценены еще при жизни. Показателем

тот факт, что Эйлер, кроме Петербургской и Берлинской академий, был членом Парижской Академии наук и Лондонского королевского общества. Для тех, кто желает познакомиться с биографией Эйлера, его вкладом в развитие мировой науки, мы рекомендуем обратиться к статье Б. Н. Делоне и А. П. Юшкевича «Академик Леонард Эйлер», опубликованной в № 1 «Природы» за 1974 г.

Большой научный интерес представляет и переписка Эйлера, содержащая около 3000 писем, которая до сих пор опубликована лишь частично. Ниже приводится 5 писем из переписки Эйлера и Даниила Бернулли (1700—1782)¹, ранее не публиковавшихся. Семейство Бернулли имеет самое непосредственное отношение к становлению математического дарования Эйлера, получившего образование у отца — Пауля Эйлера (1670—1745), небогатого пастора, в молодом

¹ См. о нем: Григорьян А. Т., Юшкевич А. П., Ковалев Б. Д. Даниил Бернулли. — Природа, 1982, № 3.

Д. Бернулли — Л. Эйлеру

Сударь,

если мое восстановление в числе почетных членов и иностранных пенсионеров императорской Академии наук, сблизив меня с Вами, позволяет возобновить наше давнее знакомство и дружбу, я приму его с тем большим доверием: я полагаю, что именно Вы предложили императорской Комиссии по руководству Академией меня восстановить и потому считаю это Вашим делом¹. Поэтому Вам, мой вели-

сти занимавшегося математикой под руководством дяди Д. Бернулли — Якоба Бернулли (1654—1705); а затем, поступив в 1720 г. в Базельский университет, Эйлер слушал лекции по математике и обращался за советами к отцу Даниила — Иоганну Бернулли (1667—1748). Дружеские отношения связывали Эйлера и Д. Бернулли с молодых лет. Бернулли, став одним из первых членов Петербургской Академии наук, содействовал приглашению Эйлера в Петербург, где несколько лет оба жили на одной квартире. После возвращения Бернулли в Базель в 1733 г., регулярная переписка между ними велась до 1755 г. В 1767 г. она возобновилась и окончательно прервалась в 1768 г. Как раз к этому периоду и относятся публикуемые ниже письма. Прекращение переписки между бывшими друзьями явилось следствием занятости Эйлера проблемами, давшими от интересов Бернулли. Немалую роль в этом сыграло и то, что Эйлер почти полностью потерял зрение и в последующем ограничивался минимумом писем, диктуемых помощникам.

кодушный друг, надлежит содействовать мне в том, чтобы я его заслужил, а мне выразить Вам за это свою признательность. Я начинаю стареть и, конечно, на моих статьях отразится возраст автора. Быть может, я не всегда сумею это заметить, и вы не откажите в любезности сообщить мне, как будет в таком случае обстоять дело с моей пенсией. Впрочем, я вовсе не считаю эти статьи единственным способом, каким могут приносить пользу иностранные члены. Если Вам угодно поручить мне более или менее регулярную переписку, доверить мне намерения Академии, обсуждать со мной, как использовать членов и согласовать функции младших академиков, если таковые имеются, рассмотреть, как лучше организовать исследования, наиболее полезные либо вообще человечеству, либо, в частности, Русскому Народу, и т. д., то все это не преминет дать хороший эффект, так как у нас достаточно усердия и опыта. Начните, сударь, с меня и укажите, чего желаете Вы, чтобы я сделал для Академии.

¹ При возвращении Д. Бернулли в Базель летом 1733 г. ему было присвоено звание иностранного члена Петербургской Академии с ежегодной пенсией в 200 руб. — суммой по тем временам весьма значительной. Со своей стороны Бернулли обязывался сохранять с Академией научный контакт и публиковать в ее трудах часть сделанных им открытий. В течение 10 лет обе стороны соблюдали условие и в 7—13 томах «Commentarū Academiæ Petropolitanae» («Записках Петербургской Академии») за 1734—1743 гг. было напечатано 9 статей Бернулли. Однако в 1742 г. вследствие административных беспорядков в Академии Бернулли, как и некоторые другие зарубежные ученые, был исключен из списка иностранных членов и пенсионеров и соответственно перестал присылать свои работы. Предпринимавшиеся затем несколько раз попытки наладить взаимоотношения оставались безрезультатными. Осенью 1766 г. административным руководителем Петербургской Академии был назначен граф В. Г. Орлов, опиравшийся в своей деятельности на авторитетную консультативную Комиссию, в состав которой входил Л. Эйлер и его старший сын И.-А. Эйлер. 8(19) января 1767 г. И.-А. Эйлер прочитал

в заседании академической Конференции письмо племянника Д. Бернулли Иоганна Бернулли, где ставился вопрос о восстановлении Д. Бернулли в прежних правах. Тут же, в присутствии Орлова, было решено возобновить выплату пенсии Д. Бернулли с начала 1767 г. и поручено конференц-секретарю Я. Я. Штелину известить о принятом решении Д. Бернулли. Эйлера на заседании не было из-за болезни, но несомненно, что во всем этом он сыграл решающую роль. Штелин ознакомил Конференцию со своим письмом Бернулли от 19(30) января 1767 г. — Вскоре затем, 7 марта, Д. Бернулли послал Л. Эйлеру приводимое здесь письмо.

Если Вы считаете подходящим, я пришлю небольшую статью при первом же случае, когда буду иметь честь писать Вам; будьте добры, укажите, по какому адресу Вам угодно, чтобы я посылал Вам мои письма и статьи. Г-н Штелин, Ваш знаменитый собрат и неприменный секретарь Академии, сообщая мне о моем назначении императорской Академической комиссии, указывает, что моя пенсия будет выплачиваться по семестрам и начнется с начала этого года; он также весьма любезно спросил, каким путем хотел бы я, чтобы мне переводили пенсию. Я отвечаю ему, что наиболее быстро и верно будет пересылать мне вексель на Амстердам, мне будет легко реализовать здесь стоимость этих векселей. Позволю себе, сударь, рекомендовать эту статью Вашему вниманию². Статьи, очевидно, следует писать на латыни³; меня это несколько стеснит, так как за последние 20 лет я на латыни ничего не писал.

Я только что узнал от моего племянника из Берлина⁴, что Вы еще не поправились от воспаления глаза; какая печальная новость для ученого мира⁵. Несомненно, что наиболее целительным средством против столь упорной болезни был бы нарывной пластырь, быть может даже фонтанель или...⁶; но Вы, вероятно, его уже применяли. Я самым горячим образом желаю Вам скорой поправки и надеюсь, что этому поможет возврат хорошего сезона. У меня также болели глаза всю эту зиму, и я еще не вполне выздоровел; мне полностью запрещено чтение при свече; берегите себя, сударь и дражайший друг, надлежащим образом, а для ответа мне пользуйтесь услугами других. Вместе с тем, сударь, я поздравляю Вас с тем, что Вы вновь оказались как бы на прежней Родине и вместе с тем на службе у государыни, которая усматривает значительную часть своей сла-

вы и величия в признании и достойном вознаграждении заслуг. Если мой берлинский племянник пожелает последовать моему мнению, он также скорее попытается поступить на службу этой великой императрицы, чем оставаться на службе, которая не преминет обескуражить молодого ученого. Если Вы можете найти для него место в России с подходящим окладом, я первый посоветую принять его, не колеблясь; я всегда сохраняю особое расположение к этой стране, в которой zaloжил первые основания счастливой и довольной жизни. Я убежден, что мой племянник не будет недостойным места, которое ему доверят, и со временем даже окажет ему честь. Я думаю также, учитывая, что Вам необходимо беречься, что Вы могли бы использовать его для наблюдений, опытов и вычислений, либо же воспользоваться его пером, а оно неплохое. Но если сейчас нет такой свободной вакансии, то я был бы в восторге, если бы его пока что удостоили звания иностранного члена Академии с такой же пенсией, какую назначили мне; такого рода...⁷ обязало бы его посвятить себя службе у ее императорского величества и вместе с тем ненадолго обременило бы бюджет Академии. Независимо от литературных услуг, которые мог бы оказать мой племянник, мне кажется, что Берлин в отношении С.-Петербурга служит городом-посредником, где было бы хорошо иметь доверенное лицо, способное выполнять поручения, которые сочла бы нужным ему давать императорская Академия. Наконец, я принял бы такую милость и на свой счет, рассматривая ее даже как возмещение причитающихся мне недоплат. Тем самым в глазах публики была бы снята и тень подозрения, что в течение более 25 лет я был лишен пенсии, обусловленной контрактом, по своей собственной вине. Впрочем, мы знаем, что Вы питаете к этому молодому человеку поистине отеческую любовь. Не могу высказать Вам, как это трогает его отца⁸ и меня, а также его самого⁹.

Передайте, пожалуйста, мои приветия нашим донине здравствующим давним

² Упомянутую в письме статью Д. Бернулли прислал весной 1767 г. Она называлась «О применении алгоритма бесконечных в искусстве предположений» (искусством предположений нередко называли в то время теорию вероятностей).

³ В XVIII в. «Записки Петербургской Академии» наук издавались на латыни.

⁴ Речь идет об Иоганне Бернулли (1744—1807), сыне младшего брата Д. Бернулли—Иоганна (1710—1790), члене Берлинской Академии наук с 1764 г.

⁵ Эйлер, ослепший на правый глаз в 1738 г., осенью 1766 г. после какого-то заболевания ослеп почти полностью и на левый.

⁶ В оригинале здесь неразборчивый латинский термин. Фонтанель — искусственно вызванное нагноение.

⁷ В оригинале неразборчивое французское слово, быть может, соответствующее глаголу «поощрять».

⁸ Иоганн Бернулли (1710—1790), брат Даниила Бернулли, который после смерти своего отца Иоганна Бернулли (1667—1748) занял в Базельском университете его место профессора математики.

⁹ И. Бернулли был избран иностранным членом Петербургской Академии много позднее, 23 декабря 1776 г. (3 января 1777 г.).

знакомым. Я бы охотно узнал обо всем, что касается нашей Академии. Остался ли кто-либо из семьи или родни покойного Шумахера?¹⁰ Что касается высокопоставленных особ, которые почтили меня своей благосклонностью и даже покровительством, то я могу назвать Вам только г-на графа Миниха; меня до слез трогает всякий раз, когда в публичных новостях упоминается этот вельможа¹¹. Несомненно, что прекращение моей пенсии явилось следствием его известного впадения в немилость, и

¹⁰ Неприязненные отношения с советником академической канцелярии И. Д. Шумахером (1690—1761) сыграли немалую роль в отъезде Д. Бернулли летом 1733 г. из Петербурга.

¹¹ Б. Х. фон Миних (1683—1767), фельдмаршал, русский военный и государственный деятель. В результате придворных интриг был в 1741 г. сослан в Сибирь; в 1762 г. возвращен в Петербург и восстановлен во всех правах.

Д. Бернулли — Л. Эйлеру*

Сударь и мой дражайший и почтеннейший друг.

Посылаю вместе с этой почтой нашей Академии мою вторую статью¹. Вышшая математика в ней почти не участвует, но Вы найдете здесь счастливое применение моей предыдущей статьи к новому предмету. Этот предмет относится, собственно говоря, к народонаселению, источ-

* Приводимое ниже письмо Бернулли является ответом на письмо к нему Эйлера от июня 1767 г., перевод которого был впервые опубликован в «Природе» (1974, № 1, с. 61—62). Эйлер сообщал об обстоятельствах восстановления Бернулли в числе иностранных членов Петербургской Академии наук, о полной невозможности выплатить ему пенсию за все предыдущие годы, как об этом просил Бернулли, о своей болезни, о подготовке ученых к наблюдениям за предстоящим в 1769 г. прохождением Венеры по диску Солнца — планировалось отправить экспедиции в различные районы России.

Публикуемое ниже письмо не имеет даты, но было послано из Базеля не позднее начала ноября 1767 г.

¹ Речь идет о статье, являющейся продолжением предыдущей: «О средней продолжительности браков при всяком возрасте супругов и других смежных вопросах». Обе статьи были напечатаны в «*Novi Commentarii Academiae Petropolitanae*», том XII за 1766—1767 гг. (1768). (Здесь и далее сначала указывается год, под которым значится том, а затем в скобках дается год фактического издания.)

вот, вскоре после возвращения к нему благополучия, оказался восстановленным и я¹².

Мы с братом просим Вас выразить наше почтение г-же Эйлер¹³ и передать привет всей Вашей прекрасной семье. Прошу Вас поверить глубокому уважению и нерушимой привязанности, с которыми имею честь пребывать, сударь, Вашим нижайшим слугой

Даниил Бернулли

Базель, 7 марта 1767 г.¹⁴

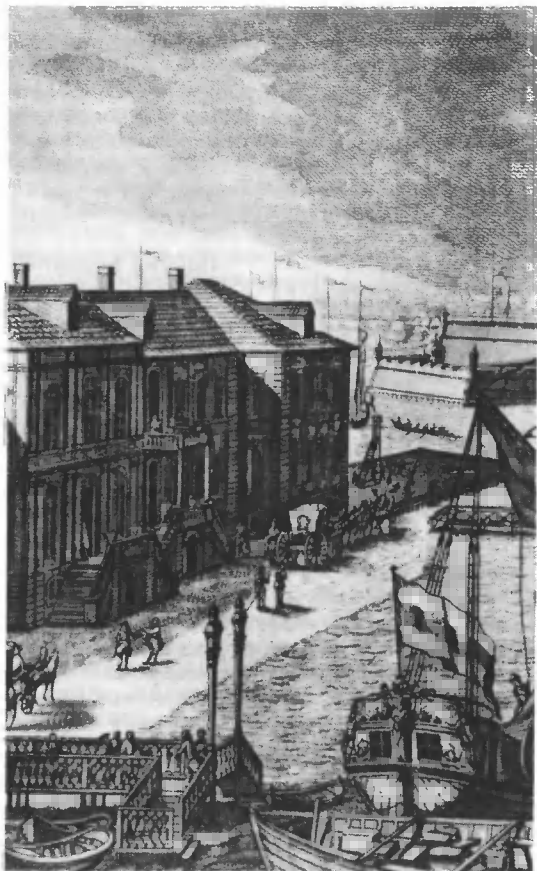
¹² Нет оснований приписывать лично Миниху какую-либо роль в отношениях между Академией и Д. Бернулли.

¹³ Екатерина Эйлер (1707—1773), жена Эйлера.

¹⁴ Ленинградское отделение Архива АН СССР (далее — ЛО ААН), фонд 1, оп. 3, № 51, лл. 56—57 об.

ником которого является состояние в браке, которое я поставил себе целью оценить в соответствии с возрастом новобрачных. Рассмотреть вопрос под его точным углом зрения мне было неудобно, и я счел гораздо более подходящим изложить его некоторым математическим образом. Несомненно, что эти вопросы значительно более заслуживают внимания математиков, чем это было до сих пор, особенно в столь великой Империи, как Всероссийская. Желательно, чтобы Академия, поддерживаемая правительством, вменила себе это в одну из главных обязанностей. Например, было бы очень легко узнать ежегодно для различных провинций этой обширной Империи число рождений и детей, умирающих в первый год их жизни. Во всех документах число последних составляет 3/10 первого числа; если бы из этих 3/10 удалось спасти только треть, можно было бы не опасаться снижения численности населения и возможно, что существуют провинции, где умирает лишь 2/10. В таком случае следовало бы точно выяснить приемы воспитания детей в этой провинции, быть может для нее характерные. Как воспитывают младенцев в Китае с его преизобилием населения? Конечно, многоженство благоприятствует росту населения². Как бы то ни было, я бы хотел, сударь и почтеннейший друг, чтобы Вы были так добры и поручили прочесть Вам мою статью. Вам будет

² Некоторые распространенные тогда в Китае религии допускали многоженство.



Здание Петербургской Академии наук в первой половине XVIII в.

нетрудно проследить за нею шаг за шагом. Смее льстить себя надеждой на Ваше одобрение по существу, но вероятно, что Вы найдете желательными какие-либо изменения, сокращение одних пунктов или уточнение других. В таком случае прошу указать мне на это со всей откровенностью, присущей великим людям. Вы сами сочли этот вопрос достойным Ваших исследований, помещенных в записках Берлинской Академии за 1760 год³; тем легче Вам будет вникнуть в мои. Без сомнения, Вы окажете большую услугу Академии или же государству, если продолжите эти исследования и попытаетесь их применить на практике. Прежде всего надлежало бы завести таблицы смертности, крещений и браков, но фор-

ма этих таблиц потребует зрелого размышления с тем, чтобы они оказались полезными как медицине, так и экономике государства. (...)»⁴

Одобрение Вами моей первой статьи доставило мне очень большое удовольствие, и я буду рад трудиться для Академии в Вашем духе; для меня всегда будет удовольствием выполнять все функции, для которых меня сочтут подходящим.

Экспериментальная философия представляется мне одним из прекраснейших занятий Академии; не знаю, кто занимается этим у Вас и кто ведет метеорологические наблюдения. Полагаю, что барометрические наблюдения одни сами по себе совершенно бесполезны, но могут быть хорошо применены, если бы имелось некоторое число соответствующих таблиц, составленных в странах, всецело удаленных друг от друга как по долготе, так и по широте. Не кажется ли Вам поразительным, что средняя высота барометра почти одинакова как в самые сильные холода, так и в самую сильную жару, в северных странах и в жарких поясах; отсюда следует, мне кажется, что на весьма умеренных высотах над поверхностью Земли окружающий воздух нагрет одинаково. Я хотел бы, чтобы тому, кто совершит для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца самое дальнее путешествие, вручили хорошую буссоль вместе с моей буссолью склонения⁵; быть может, при этом обнаружится какая-либо связь между показаниями обеих бусселей. (...)»

Я спросил у г-на Генгенбаха⁶, не хочет ли он что-либо Вам передать; пока он ничего мне не прислал. Выражаю свое почтение г-же Эйлер и всей Вашей прекрасной семье, хотя не имею чести быть с нею лично знакомым. Мой брат передает Вам тысячу приветов.

Имею честь пребывать с самой искренней приязнью и должным уважением, Ваш, сударь, почтеннейший друг, нижайший и покорнейший слуга

Даниил Бернулли⁷

⁴ Здесь и далее опущены места, где речь идет об уже упоминавшейся рекомендации племянника Д. Бернулли (И. Бернулли) на одну из должностей Петербургской Академии наук, а также вновь поднимается вопрос о выплате пенсии за предыдущие годы.

⁵ Бернулли имеет в виду стрелочный инклинатор, конструкцию которого он предложил в «Мемуаре о способе построить буссоль наклонения», премированном на конкурсе Парижской Академии наук в 1743 г. (опубл. в 1748 г.).

⁶ Хр. Генгенбах (1706—1770), базельский органист, муж сестры Л. Эйлера Анны-Марии (1708—1778).

⁷ ЛО ААН, фонд 1, оп. 3, № 52, лл. 12—13 об.

³ Имеется в виду статья Эйлера «Общие исследования о смертности и умножении человеческого рода», напечатанная в «Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin», v. 16, 1760, (1767).

Л. Эйлер — Д. Бернулли

Сударь, мой почтеннейший собрат и друг, новое заболевание не позволяет мне обсуждать какие бы то ни было вопросы. Тем не менее я убежден в обоснованности и важности Ваших новых исследований о народонаселении. Некоторые исследования, которыми я слишком усердно занимался, привели меня к такому состоянию, но может быть еще вернется время, когда я смогу распространить свои изыскания на многие другие вопросы. С Вашей пенсией произошла весьма досадная вещь, она была исключена по формальному распоряжению Гетмана¹, и, чтобы Вам возместить, нужно было бы сперва пересмотреть дело, а это завело бы слишком далеко; но я не премину следить за Вашими интересами. Мне досадно, что пока нет никакого благоприятного случая обеспечить Вашему берлинскому племяннику хорошее место. Ее императорское величество приказала пригласить даже несколько сверхштатных членов, но по естественной истории, и теперь мы надеемся заполучить хорошего химика. Г-на Малле пригласят для наблюдения Венеры².

¹ Гетман — К. Г. Разумовский (1728—1803), назначенный президентом Петербургской Академии наук в 1746 г.

² Ж.-А. Малле-Фавр (1740—1790), швейцарский астроном, иностранный член Петербургской Академии наук с 1776 г. По рекомендации Д. Бернулли был приглашен для наблюдения солнечного затмения в 1769 г. в составе одной из трех экспедиций Академии наук.

Д. Бернулли — Л. Эйлеру

Сударь, мой почтеннейший собрат и друг, я как нельзя более взволнован плохим состоянием Вашего здоровья; даст Бог, настоящее письмо застанет Вас вполне выздоровевшим. Если я не сразу ответил на Ваше последнее письмо от 22 ноября 1767 г., то из внимания к Вашему здоровью и для Вашего полного покоя, столь дорогих мне. Отдыхайте под сенью своих лавров и довольствуйтесь руководством работами других с помощью своих советов и суждений.

В согласии с Вашим любезным сообщением, я получил свою пенсию за прошлый год и вексель был отправлен до конца

В конце этого года Вы, наверное, получите Вашу пенсию за истекающий год, а на будущее уже отдано распоряжение посылать Вам сумму в 100 руб. в конце каждого семестра.

Я бесконечно обязан Вам, сударь, что Вы сооблаговостили снестись с моей семьей, и прошу Вас сообщить ей о моем выздоровлении, так как другого предмета для переписки у меня с нею нет. Особенно же прошу Вас заверить в моей совершенной благодарности г-на проф. Шпренга³ за все выражения его дружбы и расположения. Я чрезвычайно тронут всеми подарками, которыми он пожелал меня удостоить, и от всего сердца сожалею, что никак не могу оказать ему даже малейшую услугу.

Прошу передать мое нижайшее почтение Вашему брату и всем тем Вашим друзьям, которые желают мне добра. Вся моя семья передает Вам свои нижайшие приветы.

Честь имею, сударь, пребывать с самой искренней привязанностью и почтительнейшим уважением.

Ваш нижайший и покорнейший слуга
Л. Эйлер

Петербург, 22 сего ноября 1767⁴.

³ И. Я. Шпренг (1699—1768), профессор истории, древних языков и поэтики Базельского университета.

⁴ Оригинал письма хранится в Базеле: Univ.-Bibl. Basel, Ms. L — 1 a 689, f. 156.

года. Весьма обязан Вам за Ваши услуги; Вы даже дружески пишете о возмещении моей пенсии: это превосходит то, на что я надеялся. Уже одно признание моих прежних прав будет достаточно, чтобы убедить публику в том, что меня не в чем упрекнуть; это большое утешение для тех, кто может уронить свою репутацию в глазах света.

Вам несомненно известно, что мой племянник отдался астрономии; так как он не лишен дарований, я надеюсь, что это новое назначение будет для него во многих отношениях полезным¹.

¹ В 1767 г. И. Бернулли был назначен директором обсерватории Берлинской Академии наук.



Вид дома на Васильевском острове, в котором жил Л. Эйлер в 1766—1783 гг.

Это письмо будет иметь удовольствие передать Вам г-н Малле. Среди всех мотивов, побудивших его предпринять свое трудное путешествие, не из последних было и желание лично познакомиться с тем, кто принес столько чести нашему народу и нашему веку; я убежден также, что он выиграет от более близкого знакомства с Вами и сумеет извлечь всю возможную пользу из Ваших познаний и Ваших добрых советов в связи с его важной миссией.

Я передал также г-ну Малле для Академии мемуар, который стоил мне немало труда. Я попытался приложить мой новый метод исчисления бесконечно малых в теории соединений к какой-либо новой задаче, замечательной в отношении как обыкновенного метода, так и другого; мне представляется, что их взаимное согласие заслуживает внимания всех геометров по причине крайнего различия обоих методов, не имеющих, казалось бы, ничего общего². Но я далек от того, чтобы просить Вас прочитать мой мемуар, если только Вы не вполне выздоровели; я сам знаю, как малейшее умственное напряжение может повредить телесному здоровью, если только последнее не в порядке.

² «Аналитические исследования о новой задаче искусства предположений» Бернулли были опубликованы в: «*Novi commentarii*», v. XIV, 1769 (1770), p. 1—25.

Я не преминул выполнить Ваше поручение, касающееся Вашей дорогой базельской семьи. Меня просили передать Вам тысячу приветов. Все здоровы. Не знаю, известно ли Вам, что Ваш племянник получил место органиста в церкви св. Леонарда, что, в ожидании лучшего, представляет довольно выгодную должность³. Я сообщил также г-ну проф. Шпренгу все, что Вы сказали мне любезного по его адресу; кажется, он был этим весьма тронут.

Барнабит отец Фризи⁴, проживающий в Милане, прислал мне извещение о печатающемся сейчас его труде, который должен выйти из печати через три или четыре месяца⁵; в нем идет речь о тяготении вообще; он прилагает его к наиболее возвышенным задачам астрономии; никто не сможет судить об этом вопросе лучше Вас.

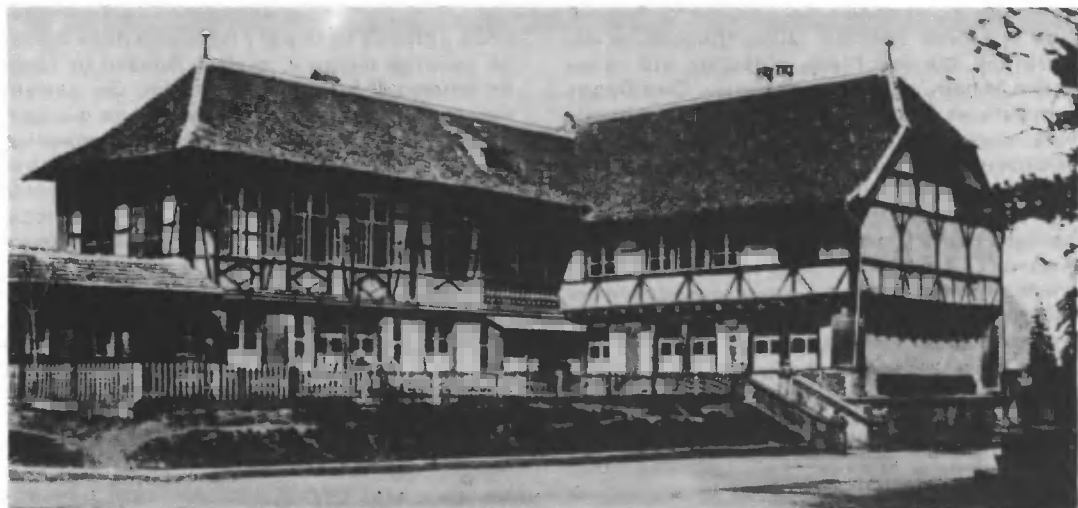
Что Вы думаете о чрезвычайно пошлых соображениях великого Д'Аламбера⁶ о вероятностях? Так как в его сочинениях слишком часто обо мне говорится несправедливо, я довольно давно принял решение

³ Речь идет о сыне сестры Эйлера Анны-Марии Генгенбах.

⁴ П. Фризи (1728—1784), член монашеского ордена барнабитов, пользовался в свое время известностью как физик и астроном. Фризи был иностранным членом Петербургской и Берлинской академий и членом-корреспондентом Парижской Академии наук.

⁵ Сочинение П. Фризи «*De gravitate universalis*» вышло в Милане в 1768 г.

⁶ Ж. Л. Д'Аламбер (1717—1783), французский математик и философ, член Парижской, Петербургской академий наук и др. академий.



Одно из зданий Базельского университета, в котором Д. Бернулли читал лекции по экспериментальной физике. Построено в середине XVI в. Ныне в нем помещаются Гигиеническое бюро и Институт микробиологии Базельского университета.

не читать ничего, выходящего из-под его пера. Это решение я принял в связи с мемуаром о прививании оспы, который послал Парижской Академии 8 лет назад и который, благодаря новизне анализа, был принят очень хорошо; смею сказать, что это была как бы новая область, включенная в систему математики⁷. Мне кажется, что успех этого нового анализа ему неприятен; он критикует его на тысячу ладов, которые все равно смехотворны, а после того, как он его резко раскритиковал, он выдает себя за первого создателя теории, о которой даже

и не слыхивал⁸. Между тем он знал, что мой мемуар сможет появиться только семь или восемь лет спустя, и он смог познакомиться с ним только в качестве академика, и в этом отношении мой мемуар должен был оставаться неприкосновенным до публикации. *Dolus an virtus quis in hoste requirat?*⁹

Тысяча приветов Вам от моего брата; мы оба передаем также наш поклон всей Вашей прекрасной семье. С неизменной привязанностью и совершенным уважением честь имею пребывать, сударь, мой почтеннейший собрат и друг, Вашим покорнейшим и нижайшим слугою

Даниил Бернулли

Базель ...¹⁰ апреля 1768¹¹

⁷ Имеется в виду написанный по-французски «Опыт нового анализа смертности, вызванной оспой, и преимуществ предупреждающей ее инокуляции», опубликованный в «Hist. Acad. Roy. d. Sciences avec les Mém. mathém. et physiques», 1760 (1766). Инокуляцией называется прививка оспы от человека к человеку.

⁸ См.: *Alembert J. d'. Opusculs mathématiques*, v. 4, Paris, 1768. p. 310—341. Наряду с правильными замечаниями этот критический разбор работы Д. Бернулли содержит ряд ошибок.

⁹ «Хитрость или доблесть против врага кто рассудит?» (Вергилий. Энеида. Пер. В. Брюсова и С. Соловьева. М.— Л., 1933, II, 390)

¹⁰ Число месяца в подлиннике отсутствует.

¹¹ ЛО ААН, фонд 1, оп. 3, № 51, л. 150—151 об.

Л. Эйлер — Д. Бернулли

Я долго откладывал ответ на письма, которыми Вы сооблаговолили оказать мне честь, но меня достаточно извиняет невозможность писать самому.

Я с большим удовлетворением прослушал чтение глубоких размышлений, ко-

торыми Вы обогатили наши «Записки», и они уже напечатаны в XII томе, который сейчас выходит.

Хотя я не могу ни читать, ни писать, я не был после моей последней болезни бездейственным. С помощью г-на Крафта¹,

¹ В. Л. Крафт (1743—1814), физик, академик с 1768 г.

которого Вы видели в Базеле, я возобновил мои прежние занятия «Диоптрикой», и мы работали над ней столь успешно, что сочинение теперь вполне закончено. Оно будет состоять из 3 томов, из которых 1-й содержит принципы этой науки, в которых рассмотрены все требуемые хорошие качества диоптрических приборов.

Я также учел главным образом различные сорта стекла, открытые недавно в Англии². Во 2-м томе я прилагаю все это к стеклам телескопов, а в 3-м к микроскопам. Распределив те и другие из этих приборов по некоторым классам, я смог довести их до высшей степени совершенства, какая возможна, причем все приемы изготовления изложил столь подробно, чтобы их могли использовать мастера.

Теперь я поручил работать над изготовлением таких приборов, и Академия распорядилась напечатать все 3 тома почти одновременно, так что это сочинение выйдет вскоре после моего «Интегрального исчисления», которое также будет состоять из трех томов³.

Теперь мы заняты только теорией Луны; здесь я нашел средство преодолеть самые большие препятствия, какие я встретил некогда⁴ и которые были причиной того, что даже лучшие лунные таблицы, опубликованные за последнее время, были еще весьма неточными. Однако развитие моих идей требует чрезвычайно трудных вычислений, которые взяли на себя мой сын и г-н Крафт⁵.

Впрочем, я чувствую себя ныне настолько хорошо, что могу даже бывать время от времени при дворе, где Ее величество удостаивает меня самого любезного приема.

Р. С. Мой дом находится на Васильевском острове на берегу большой реки в конце десятой линии и, значит, близко от того, из которого Вы отсюда уехали. Он каменный и весьма велик, с 13 окнами по фасаду. Вы припомните, что такое расположение как нельзя более приятно, так как все прибывающие и отплывающие корабли должны проходить перед окнами. Но я не жалею, что не могу воспользоваться этим прекрасным видом.

Г-н Д'Аламбер, несомненно, будет весьма рассержен одной из моих статей, находящихся в последнем томе, только что изданном Берлинской Академией. Там идет речь о движении струны, которая вначале выведена из равновесия только в некоторой своей части, остальная же часть ее сохраняет свое естественное состояние⁶. Как мне кажется, этот случай весьма подходит, чтобы рассеять все сомнения по данному вопросу, и я надеюсь, что Вы не рассердитесь на то, что я говорю там по Вашему адресу. По крайней мере, могу Вас заверить, что, когда я писал это сочинение, я, как всегда, был полон самым почтительным уважением как к Вашим заслугам, так и к Вашей дружбе.

Мне сообщают из Берлина, что в IV томе «Opusculum» г-на Д'Аламбера я вновь подвергнут резким нападкам⁷. Поскольку я не могу читать, я воздержусь от того, чтобы мне их прочитали вслух. Несомненно, это будет наилучшим способом на них не отвечать.

7 августа 1768 г.⁸

² Речь идет о кронгласе и флинтгласе, удачная комбинация которых позволила Дж. Доллонду (1706—1761) приступить в 1758 г. к изготовлению линз для ахроматических оптических приборов. В этом же направлении шли более ранние теоретические исследования и эксперименты Эйлера.

³ «Диоптрика» вышла в 1769—1771 гг., а «Интегральное исчисление» — в 1768—1770 гг. Есть русский перевод «Интегрального исчисления», т. I—III, 1956—1958.

⁴ Эйлер имеет в виду свою «Теорию движения Луны», изданную в 1753 г. и использованную Т. Майером (1723—1762) при составлении его известных лунных таблиц.

⁵ «Теория Луны, трактованная новым методом» (Euleri L. Opera omnia, ser. II, v. 22) вышла в свет в 1772 г. При подготовке этого труда, кроме И. А. Эйлера и В. Л. Крафта, позднее принял большое участие А. И. Лексель (1740—1784), с 1769 г. член Петербургской Академии наук.

⁶ Статья Эйлера «О движении струны, выведенной вначале из равновесия только в некоторой части», представленная 18 июля 1765 г., была напечатана в «Hist. acad. de Berlin», v. 21, 1765 (1767). (L. Euleri Opera omnia, ser. II, v. 10).

⁷ Имеется в виду статья «Новые размышления о колебании струн» в кн.: Alembert J. d'. Opusculum. Paris, 1768, p. 128—155.

⁸ Оригинал письма не сохранился. Здесь оно приводится по черновику, сохранившемуся в архиве Я. Я. Штелина. (Гос. Публ. библиотека им. М. Е. Салтыкова-Щедрина, архив Я. Штелина, л. 1—2.) Дата отправки его в Базель — 7 августа 1768 г.

Перевод с французского и примечания доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки РСФСР
А. П. Юшкевича

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (январь—февраль 1982 г.)

В январе — феврале 1982 г. в Советском Союзе было запущено 12 космических аппаратов, в том числе 10 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

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

Очередной спутник связи «Молния-1» предназначен для эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита».

Продолжался полет к Венере автоматических межпланетных станций «Венера-13» и «Венера-14», запущенных 30 октября и 4 ноября 1981 г. В ходе полета проводились комплексные исследования процессов возникновения и распространения потоков заряженных частиц солнечного и галактического происхождения, а также структуры межпланетного магнитного поля. Начало работы научных приборов автоматических станций совпало со значительным усилением солнечной активности. За три месяца было зарегистрировано около десяти солнечных вспышек, сопровождавшихся увеличением потоков заряженных частиц в межпла-

Параметры начальной орбиты

Космический аппарат	Дата за-пуска	перигей, км	апогей, км	накло-нение, град	период обращения, мин
«Космос-1331»	7.1	776	819	74	100,7
«Космос-1332»	12.1	218	275	82,3	89,1
«Космос-1333»	14.1	989	1 029	82,9	105
«Космос-1334»	20.1	206	315	72,9	89,4
«Космос-1335»	29.1	487	535	74	94,7
«Космос-1336»	30.1	179	379	70,4	89,8
«Экран»	5.11	35 658	35 658	0,4	1 429
«Космос-1337»	11.11	436	456	65	93,3
«Космос-1338»	16.11	208	393	72	90,2
«Космос-1339»	18.11	975	1 029	82,9	104,8
«Космос-1340»	19.11	636	679	81,2	97,6
«Молния-1»	26.11	490	40 765	62,8	735

нетном пространстве. Одновременно по измерениям австрийских магнитометров, установленных на станциях «Венера-13», «14», зарегистрированы значительные возмущения межпланетного магнитного поля, связанные с прохождением ударных волн, образованных солнечными вспышками.

Советские и французские приборы обнаружили более 20 γ-всплесков; из них 10 зарегистрировано одновременно приборами двух автоматических станций.

Космические исследования

Железо в облаках Венеры

С помощью спускаемого аппарата автоматической межпланетной станции «Венера-12» был проведен анализ химического состава аэрозоля из облачного слоя Венеры. Исследование аэрозоля проводилось без изменения физико-химических характеристик среды, с помощью рентгенофлуориметрического метода, основанного на измерении интенсивности ха-

рактеристического рентгеновского излучения атомов элементов при их возбуждении излучением радиоизотопных источников.

Характеристическое рентгеновское излучение возбуждалось двумя параллельно действующими радиоизотопными источниками и регистрировалось в двух спектральных диапазонах. Характеристическое излучение «легких» химических элементов ($13 < Z < 25$) возникало под воздействием источника ^{55}Fe , а для возбуждения атомов «тяжелых» элементов использовался изотоп ^{109}Cd . Установленный на «Венере-12» рентгенофлуориметрический прибор позволял определять относительное содержание элементов в газовой и аэрозольной фракциях. Измерения велись непрерывно в течение 535 с на участке спуска аппарата, где температура менялась от -10 до $+119^\circ\text{C}$, а давление от 0,1 до 1,5 атм.

Проведя обработку полученных спектров рентгеновского излучения, группа сотрудников Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова и Института космических исследований АН СССР обнаружила в них линии хлора. Удалось установить,

что концентрация хлора в аэрозолях Венеры составляет $(4,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-10}$ г/см³. Значительно более низкой оказалась концентрация в них серы и ртути — $1 \cdot 10^{-10}$ г/см³; содержание аргона составляет $2 \cdot 10^{-2}\%$.

Кроме того, в спектрах рентгеновского излучения проб из венерианских облаков обнаружены пики характеристического излучения железа. Сопоставление интенсивностей пиков хлора и железа показало, что их отношение близко к значению 0,84. Для спектра хлорного железа (FeCl_3) это отношение равно $0,846 \pm 0,022$, а для FeCl_2 — не превышает 0,6. Был сделан вывод, что железо в облаках Венеры, по-видимому, химически связано с хлором и, находясь преимущественно в аэрозольной фазе, образует там соединение FeCl_3 . Объемная концентрация железа, усредненная в пределах исследованного облачного слоя, равна $(0,21 \pm 0,06) \cdot 10^{-9}$ г/см³, концентрация хлорного железа — $(0,64 \pm 0,12) \cdot 10^{-9}$ г/см³.

Присутствие в облаках Венеры в исследованном диапазоне высот водяного пара позволяет предположить, что хлорное железо находится там в виде гидратов и растворов. Возможно, именно ионами железа можно объяснить наблюдающийся желтоватый цвет облаков Венеры.

Доклады АН СССР, 1981, т. 258, № 1, с. 57; т. 260, № 4, с. 834.

Астрономия

Населенность Галактики

В своих оценках числа цивилизаций в Галактике астрономы опираются на гипотезу американского радиофизика Ф. Дрейка, считающего, что жизнь во Вселенной возникает непрерывно по мере формирования планет с подходящими условиями. Противоположную точку зрения высказал В. С. Троицкий (Научно-исследовательский радиофизический институт, Горький). Он предполагает, что жизнь могла возникнуть в какой-то момент одновременно во

всей Вселенной. Эта концепция приводит к совершенно иным выводам о возможной населенности Галактики.

Известно, что до появления жизни Вселенная должна была пройти фазу химической эволюции, в результате которой образовались тяжелые элементы, а также звезды с подходящими для жизни планетами. Химическая эволюция продолжалась около 5 млрд лет. Затем началась биологическая эволюция — образование простейших форм жизни и их развитие от клетки до цивилизации; этот период продолжался на Земле около 4 млрд лет. Таким образом, если возраст Вселенной 15 млрд лет, то первые цивилизации, согласно гипотезе непрерывного происхождения жизни, возникли более 5 млрд лет назад. При безграничном времени жизни цивилизаций их количество в Галактике должно быть огромным. Если же срок их жизни конечен, то огромной должна быть общая численность существующих и погибших цивилизаций. Гипотеза непрерывного происхождения жизни допускает существование очень старых сверхмогущественных цивилизаций, которые должны были колонизировать Галактику и нашу Землю. И даже если сверхцивилизации погибли, должны остаться следы их деятельности. Однако два десятилетия поиска радиосигналов внеземных цивилизаций и четыре десятилетия радиоастрономических исследований дали отрицательный результат.

Чтобы согласовать этот результат с гипотезой непрерывного происхождения жизни, приходится допустить, что срок жизни цивилизаций в коммуникативной фазе (т. е. фазе взаимного обмена информацией) невелик: достигнув этой фазы, цивилизации неизбежно довольно быстро должны погибнуть.

Гипотеза одновременного происхождения жизни, высказанная Троицким, согласуется с данными наблюдений, если предположить неограниченный срок жизни цивилизаций в коммуникативной фазе. При неограниченном сроке жизни число цивилизаций в Галактике стремится к некоторому пределу. (До-

пущение о конечном сроке жизни цивилизаций приводит к их полному вымиранию. Мы можем оказаться одиночками в Галактике, если земная цивилизация настолько запаздывала с эволюцией, что предыдущие цивилизации уже успели погибнуть.) В принципе, в Галактике одновременно с нами может существовать множество цивилизаций; отсутствие сильных сигналов от них, возможно, вызвано необходимостью сохранить от энергетического засорения окружающую их космическую среду. Если среднее время эволюции от простейших форм до цивилизации существенно больше, чем на Земле, то не будет сверхмогущественных цивилизаций. В этом случае наша и внеземные цивилизации близки по своему технологическому и научному развитию.

Астрономический журнал, 1981, т. 58, № 5, с. 1121—1130.

Физика

Новый эффект в электро-слабых взаимодействиях

На встречных электрон-позитронных пучках «PETA» (Гамбург, ФРГ) проведены новые эксперименты по проверке объединенной теории электро-слабых взаимодействий. Многочисленные опыты последних лет убедительно доказали, что теория успешно описывает все имеющиеся экспериментальные данные. Однако большая часть этих результатов была получена при изучении взаимодействий нейтрино с лептонами и адронами. Это, пожалуй, самые простые с теоретической точки зрения процессы, поскольку нейтрино участвуют лишь в слабых взаимодействиях и электромагнитные силы здесь роли не играют.

¹ Смондырев М. А. Экспериментальная проверка модели Вайнберга — Салама. — Природа, 1979, № 4, с. 93.

Исключение составляют опыты по измерению нарушения четности в атомных переходах² и при рассеянии электронов на дейтронах³. Эти эффекты возникают из-за интерференции электромагнитных и слабых взаимодействий. Сюда же относится обнаруженная на «PETRA» асимметрия «вперед-назад» при аннигиляции электронов и позитронов, в результате которой рождается мюонная пара $\mu^+\mu^-$.

С точки зрения чистой квантовой электродинамики, в таком процессе электрон и позитрон превращаются в виртуальный фотон, который затем распадается на пару мюонов $\mu^+\mu^-$. Согласно теории электро-слабых взаимодействий, в промежуточном виртуальном состоянии может появиться также нейтральный переносчик слабых взаимодействий — Z^0 -бозон. Интерференция фотона и Z^0 -бозона изменяет зависимость сечения процесса от угла θ между направлениями начального электрона e^- и конечного мюона μ^- . В результате сечение меняется при перестановке μ^+ и μ^- , т. е. при замене θ на $\pi - \theta$. Иными словами, различаются числа мюонов N_+ и N_- , вылетающих соответственно в переднюю и заднюю полусферу по отношению к направлению движения начального электрона.

В эксперименте измерялся параметр асимметрии $A = (N_+ - N_-) / (N_+ + N_-)$, который оказался равным $-7,7 \pm 2,4\%$ (в соответствии с теорией, $A = -7,8\%$). Таким образом, экспериментальные данные в пределах ошибки согласуются с теорией.

Поскольку амплитуда, связанная с виртуальным фотоном, падает с ростом энергии, в то время как амплитуда Z^0 -обмена практически постоянна в рассматриваемом интервале, то зарядовая асимметрия «вперед-назад» возрастает с ростом энергии сталкивающихся частиц. Поэтому можно было проводить измерения при максимально доступной энергии. В проведенных опытах средняя энергия столкновения составляла около

33 ГэВ, что существенно превышает те значения энергии, при которых ранее измерялись эффекты нарушения четности.

Preprint DESY, 1981, 81—071; 81—073 (ФРГ).

Физика

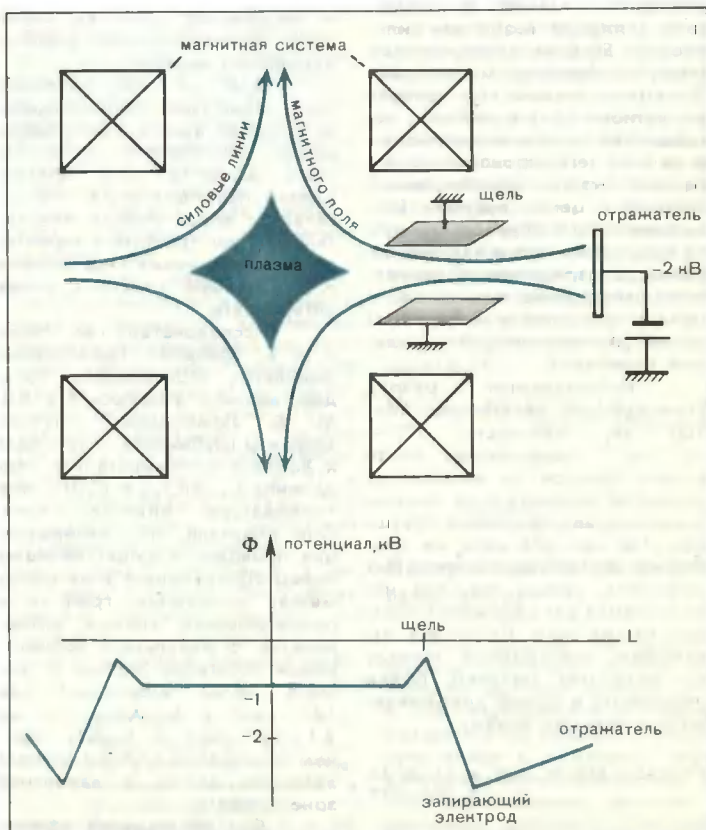
Новый тип высоковакуумного разряда

М. С. Иоффе с сотрудниками (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова) в экспериментах на магнито-элек-

трической ловушке «АТОЛЛ» обнаружили новый тип высоковакуумного разряда. Ловушка¹ представляет собой систему со встречными магнитными полями, из которой плазма не может уходить вдоль силовых линий из-за существования электростатических барьеров. Барьеры создаются с помощью узких, порядка дебаевского радиуса заземленных щелей и расположенных за ними отрицательных запирающих электродов — отражателей (см. рис.). Плазма в электромагнитной ловушке возникает обычно в результате инъекции электронов с отражателей, в качестве которых используют накалившую нить.

¹ Подробнее о магнито-электрической ловушке см., напр.: Азовский Ю. С., Карпухин В. И., Лаврентьев О. А. и др. — Физика плазмы, 1980, № 6, с. 256.

Вверху — схема магнито-электрической ловушки; внизу — распределение электростатического потенциала плазмы Φ вдоль магнитной силовой линии.



² Природа, 1978, № 11, с. 134.

³ Природа, 1979, № 1, с. 114.

Физика

В эксперименте на установке «АТОЛЛ» было обнаружено, что при достаточной величине магнитного поля плазму в ловушке можно поддерживать и без инжекции электронов извне, за счет своеобразного внутреннего процесса. Действительно, электроны, «запертые» электрическим полем отражателей, не могут уходить из плазмы вдоль силовых линий магнитного поля, но, как оказалось, они достаточно интенсивно переносятся поперек магнитного поля на заземленные стенки.

Ионы могли бы свободно уходить вдоль силовых линий, но скорость их ухода должна в точности соответствовать скорости ухода электронов, так как в противном случае в плазме возникнет большой нескомпенсированный заряд. Таким образом, скорость ухода ионов регулируется возникающим отрицательным потенциалом плазмы. При обычном для экспериментов потенциале отражателей — 2 кВ потенциал плазмы составлял — 1 кВ. В результате в плазме возникает сильное, до 50 В/см электрическое поле, поперечное магнитному. Электроны переносятся поперек магнитного поля к стенкам, нагреваются электрическим полем и за счет теплопроводности передают часть приобретенной энергии в центр ловушки (покрывая, таким образом, потери на ионизацию газа и излучение). Ионы непосредственно ускоряются электрическим полем к центру ловушки и совершают затем радиальные циклоидальные колебания.

Наблюдаемый разряд (температура электронов 50—100 эВ, плотность 10^{10} — 10^{11} см⁻³) представляет собой самый простой из возможных способов поддержания плазмы в магнито-электрических ловушках, так как для него не требуется никаких дополнительных устройств, кроме тех, что используются для удержания плазмы. Кроме того, благодаря отсутствию электронных пучков, он позволяет получать более спокойную и лучше удерживаемую в ловушке плазму.

Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 34, № 11, с. 594—597.

Необычная электропроводность соединений графита

В последние годы созданы так называемые интеркалированные соединения графита с различными диэлектриками (AlCl_3 , ICl , FeCl_3 и т. д.). В кристаллах этих соединений монослои графита чередуются в строгом порядке со слоями диэлектриков — интеркалятов. В соединениях так называемой первой ступени слои интеркалятов последовательно чередуются с монокристаллическими графитовыми сетками; у соединений второй ступени слой диэлектрика следует через каждые два монослоя графита. Присутствие интеркалята значительно увеличивает расстояния между соседними монослоями графита, в результате взаимодействия между ними становится слабым и физические свойства слоев несут в значительной степени двумерный характер.

Для интеркалированных соединений характерна аномально большая проводимость вдоль слоев. Физический механизм этого эффекта пока неясен, однако предполагается, что он связан с перестройкой энергетических зон графита и характером их заполнения электронами под влиянием соседних слоев интеркалята.

Исследователи во главе с Н. Б. Брандтом (физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова) изучали эффекты Шубникова — де Гааза и Холла в монокристаллах соединений $\text{C}_{9,3}\text{AlCl}_{3,3}$ и C_{16}ICl при температуре жидкого гелия. Они показали, что интеркаляция приводит к существенному перераспределению электронов между монослоем графита и прилегающими слоями интеркалятов. В результате концентрация носителей заряда в графите резко возрастает (до 10^{19} см⁻³ у $\text{C}_{9,3}\text{AlCl}_{3,3}$ и до $2,7 \cdot 10^{20}$ см⁻³ у C_{16}ICl), причем носителями в обоих случаях являются дырки в валентной зоне графита.

Для наблюдения эффек-

тов Холла и Шубникова — де Гааза на образцы, помещенные в гелиевый криостат, накладывалось сильное магнитное поле напряженностью до 60 кЭ, ориентированное перпендикулярно плоскостям графитовых слоев. Усиление или уменьшение поля приводило к осцилляциям квантовых состояний вблизи поверхности Ферми, что соответственно меняло плотность носителей тока и проводимость образца (эффект Шубникова — де Гааза).

Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 34, № 5, с. 256—258.

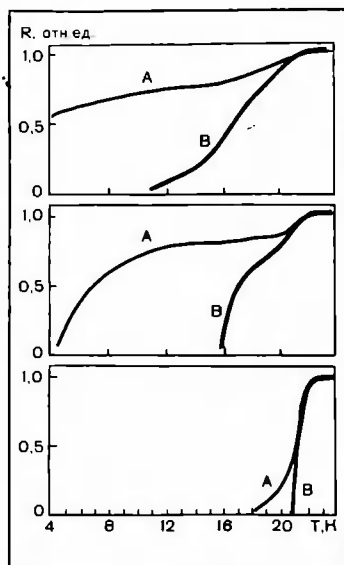
Физика

Сужение сверхпроводящего перехода пленок под воздействием механического удара

Ширина сверхпроводящего перехода (т. е. температурный интервал, внутри которого проводник переходит в сверхпроводящее состояние) высокотемпературных сверхпроводников со структурой А-15 зависит от однородности их состава и структурного упорядочения. Как показывают исследования, традиционное для термодинамически равновесных систем улучшение этих параметров с помощью термического отжига не эффективно для метастабильных систем, какими являются, например, пленки.

Группа японских исследователей, возглавляемая Т. Ватанабе, изучала влияние механического удара¹ на характеристики сверхпроводящего перехода высокотемпературных сверхпроводящих пленок Nb_3Ge . Пленки были получены методом магнетронного распыления с высокими скоростями осажде-

¹ Впервые метод взрывного удара был использован для улучшения параметров сверхпроводников со структурой А-15 в работах советских исследователей. См.: Пан В. М. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1975, т. 21, с. 228.



Зависимость сопротивления R от температуры T для ниобий-германиевых пленок разного состава сразу после процесса осаждения (кривые А) и после воздействия импульсным давлением (кривые В). Как видно, ширина сверхпроводящего перехода у пленок, на которые воздействовали импульсным давлением, уменьшается.

ния, порядка 500 Å/мин. Перед измерениями сразу после осаждения пленки подвергались закалке со скоростью 3500 град/мин с температуры 700—850°C до температуры жидкого азота. Максимальные критические температуры, определенные по началу сверхпроводящего перехода, составили 22,5 К.

В эксперименте брусок весом 9,7 г ритмично, с частотой 3 Гц при комнатной температуре в течение 2—15 ч ударял по алюминиевой пластинке, к которой на некотором расстоянии от места удара приклеивалась пленка из Nb_3Ge . Алюминиевая пластинка служила средой, через которую пленке передавалось импульсное давление величиной 10 кПа.

Максимальное уменьшение ширины перехода в сверхпроводящее состояние составило 11°: до удара ширина перехода была 21,9—4,7 К = 17,2 К; после удара уменьшилась до 21,8—15,6 К = 6,2 К.

По-видимому, механическое ударное воздействие способствует упорядочению структуры фазы А-15 у пленок Nb_3Ge .

Applied Physics Letters, 1981, v. 39, № 1, p. 113—115 (США).

Химическая физика

Полезные трещины

В конце 60-х годов было установлено, что и при сверхнизких температурах могут идти химические реакции. Например, при температуре -269°C была осуществлена полимеризация кристаллического формальдегида под действием ионизирующего излучения¹. Излучение создавало в образце первичные активные центры и начинало полимерную цепь, которая затем росла самостоятельно с выделением энергии.

Как показали дальнейшие исследования химических реакций при низких температурах, проведенные А. М. Заниным, Д. П. Кириухиным, В. В. Барелко, И. М. Баркаловым и В. И. Гольдманским (Институт химической физики АН СССР), образование трещин в облученных твердых телах способствует ускорению химических превращений.

Связь между механическим растрескиванием твердого тела и скоростью химической реакции исследовалась на примере хлорирования хлористого бутила (система I) и метилциклогексана (система II), и гидробромирования этилена (система III) при низких температурах. Системы I и II в стеклообразном и систему III в кристаллическом состоянии подвергали γ -облучению, что приводило к накоплению в них активных центров. Разрушение систем, сопровождавшееся их интенсивным растрескиванием, влекло за собой вспышку реак-

ции хлорирования в двух первых системах и гидробромирования — в третьей системе. Причем реакции имели самоускоряющийся характер и охватывали всю массу образца. Таким образом, возникновение трещин служило катализатором, который инициировал химические превращения в этих системах.

В качестве гипотезы для объяснения наблюдаемого явления авторы предлагают не тепловой механизм активации и самоактивации систем. Первоначально образованная сеть трещин, создаваемая действием излучения, инициирует химические превращения на свежесформированных поверхностях трещин. Эти превращения, в свою очередь, способствуют росту новой сети трещин из-за резких температурных или плотностных напряжений в образце. Активная поверхность трещин увеличивается лавинообразно и влечет за собой дальнейшее ускорение химического процесса. Таким образом, наблюдается положительная обратная связь между химической реакцией и механическим разрушением твердого тела.

Процесс механической активации и самоактивации низкотемпературных химических реакций можно отнести к разветвленно-цепным процессам, которые имеют взрывной характер. По-видимому, предложенный механизм характерен для целого ряда экзотермических реакций, протекающих в твердой фазе при низких температурах.

Доклады АН СССР, 1981, т. 260, № 6, с. 1397—1402.

Техника

Лазер «пишет» на жидких кристаллах

Отделение «Либраскоп» фирмы «Зингер» (США) выпустило дисплей нового типа: в нем изображение и надписи создаются на экране из жидких кристаллов с помощью сканирующего луча лазера на иттрий-алюминиевом гранате. В лазерных дисплеях, выпускав-

¹ Подробнее об этом см.: Гольдманский В. И. Молекулярное туннелирование в химических реакциях. — Природа, 1977, № 1, с. 10.

шихся до сих пор, записывающей средой служили либо фотохромные материалы, либо пленки, покрытые тонким слоем металла. Использование в новом типе дисплея смектических жидких кристаллов увеличивает разрешение и допускает селективное стирание в процессе записи.

Ключевым моментом, позволяющим осуществить стирание, является тот факт, что лазер может вести запись на жидких кристаллах в двух «взаимоисключающих» режимах. В зависимости от полярности напряжения, приложенного к жидкому кристаллу, лазер создает либо темный рисунок на светлом фоне, либо светлый рисунок на темном фоне. В результате стирание осуществляется просто повторной записью с противоположным знаком напряжения.

Среди возможных приложений устройства такие, как непрерывно меняющиеся в соответствии с обстановкой тактические и стратегические военные карты, судовые навигационные системы и т. п. Дисплей может управляться специальным миникомпьютером.

Laser focus, 1981, v. 17, № 9, p. 24 (США).

Медицина

Влияние сиаловых кислот на образование метастазов

Г. Иогисваран и П. Солк (отделение биологии рака и лаборатория аутоиммунных и неопластических заболеваний Института биологии, Сан-Диего, Калифорния, США) исследовали связь между способностью опухолевых клеток давать метастазы и содержанием в них сиаловых кислот.

Сиаловые кислоты присутствуют на поверхности всех клеток живого организма и играют важную роль в их жизнедеятельности. Так, с ними связана способность клеток прикрепляться к поверхности различных органов и тканей.

Исследовалась способность к образованию метаста-

зов у различных линий опухолевых клеток, полученных как самопроизвольно (спонтанно), так и путем превращения в них нормальных клеток под воздействием вирусов или химических канцерогенов, а также у клеток, произошедших от различных опухолей: карцином, лимфом и меланом. Способность этих линий давать метастазы определялась путем введения клеток каждой линии животным с последующим подсчетом развившихся у них метастазов.

Всего в экспериментах были использованы 32 линии клеток, способных образовывать опухоли, и 3 линии неопухолевых клеток, служащих контролем. Было показано, что в опухолевых клетках, способных более чем в 50% случаев давать метастазы, содержание сиаловых кислот было в 1,4—3,6 раза выше, чем в тех клетках, которые дают метастазы менее чем в 50% случаев. Содержание сиаловых кислот в опухолевых клетках, давших наименьший процент метастазов, приближалось к их содержанию в контрольных, неопухолевых клетках. Таким образом, была получена прямая зависимость между наличием в опухолевых клетках сиаловых кислот и способностью их давать метастазы.

Подобные результаты, возможно, проливают свет на природу одного из самых грозных явлений, наблюдающихся при опухолевом росте, и, несомненно, приведут к дальнейшим исследованиям в этом направлении.

Science, 1981, v. 212, № 4502, p. 1514—1516 (США).

Биохимия

Образование и возможная роль диаденозинтетрафосфата

В последние годы диаденозинтетрафосфат привлек внимание биохимиков, поскольку стало известно о его роли в качестве регулятора важнейших метаболических процессов. Так,

колебания его концентрации в клетках млекопитающих коррелированы с процессами дифференцировки. Предполагалось, что этот нуклеотид может участвовать в контроле за скоростью роста клеток, стимулируя, например, начало репликации ДНК. Однако действие этого нуклеотида на ДНК-полимеразу не было обнаружено, зато был найден его сильный ингибирующий эффект на другой фермент, участвующий в метаболизме ДНК — терминальную дезокси-нуклеотидилтрансферазу¹. Кроме того, было обнаружено, что содержание диаденозинтетрафосфата резко возрастает при превращении обычных клеток в раковые.

Довольно неожиданным оказалось, что образование диаденозинтетрафосфата может происходить в результате побочной реакции, катализируемой ферментами аминоксил-тРНК-синтетазами. Как показали французские исследователи П. Плято, Ж.-П. Мэю и С. Бланке (лаборатория биохимии Политехнической школы в Палезо), способностью катализировать синтез диаденозинтетрафосфата обладают фенилаланил-тРНК-синтетаза как из кишечной палочки (*E. coli*), так и из дрожжей. Для образования этого соединения необходимо присутствие аминокислоты фенилаланина, ионов цинка и фермента пиррофосфатазы. Если эти условия соблюдаются, то фенилаланил-тРНК-синтетаза фактически является диаденозинтетрафосфатсинтетазой, поскольку она не катализирует образования фенилаланил-тРНК, но стимулирует синтез диаденозинтетрафосфата. За кинетикой образования необычного нуклеотида французские биохимики следили двумя методами: с помощью ядерного магнитного резонанса и тонкослойной хроматографии; в обоих случаях было установлено, что накопление этого соединения сопровождается расходом АТФ.

Окончательная роль диаденозинтетрафосфата в росте и дифференцировке клеток пока неясна. Возможно, этот необычный нуклеотид служит источ-

¹ Biochem. Biophys. Res. Commun., 1980, v. 95, p. 34.

ником пуриновых оснований и энергии фосфатных связей. Но, скорее, он обладает более специфическим действием, связывая скорость таких важнейших метаболических процессов, как биосинтез белка и ДНК.

Biochemistry, 1981, v. 20, № 16, p. 4654—4662 (США).

Биохимия

Обнаружен ли кортикотропин - реализующий фактор!

Под таким заголовком опубликована статья Дж. Финка, в которой анализируются сообщения У. Вейла с соавторами (Институт Солка, США) о том, что им удалось выделить в чистом виде из почти полумиллиона фрагментов гипоталамусов домашних овец полипептид с молекулярным весом примерно 5 тыс. дальтон. Уже в дозе 30 нг/кг он вызывает *in vivo* мощный выброс из передней доли гипофиза адренотропного гормона (АКТГ, или кортикотропина), а также бета-эндорфина. Полностью расшифрована структура этого полипептида, состоящего из 41 аминокислотного остатка. Синтезирован его аналог, обладающий еще более сильной активностью.

Если эти данные будут подтверждены, значит, раскрыто строение еще одного гормона гипоталамуса — кортикотропин-реализующего фактора, или, по новой номенклатуре, кортиколиберина. Этого уже много лет с нетерпением ожидают эндокринологи, физиологи, биохимики и специалисты по стрессу. Дело в том, что этот гормон является высшим «командным центром» оси гипоталамус—гипофиз—кора надпочечников, т. е. важнейшей системы организма, управляющей реакциями на сильные внешние воздействия, которая была открыта много лет назад эндокринологом и патофизиологом Г. Селье.

До сих пор было известно, что регуляция выброса гипофизом гормона стресса (кор-

тикотропина) осуществляется с помощью катехоламинов, вазопрессина (пептидного гормона гипоталамуса и задней доли гипофиза) и, по-видимому, еще какого-то гормона гипоталамуса, выделить который не удавалось. Лишь в начале 70-х годов благодаря усовершенствованию методов очистки были выделены пептидные гормоны гипоталамуса тиролиберин, гонадолиберин и соматостатин. Подобно этим пептидам, выделенный теперь кортиколиберин, кроме гормонального, оказывает и нейротропный эффект, вызывая, например, резкое падение кровяного давления у крыс. Дальнейшее изучение этого полипептида представляет исключительный интерес для биологии и медицины.

Nature, 1981, v. 294, № 5841, p. 511—512 (Великобритания).

Физиология

Скорость двигательной реакции у мужчин и женщин

В среднем время двигательной реакции у мужчин и у женщин одинаково. Однако, как показал австралийский физиолог А. Ландауэр (Университет Западной Австралии), равное время реакции у обоих полов складывается из неравных компонентов. В его эксперименте требовалось держать палец на центральной кнопке, а затем по сигналу нажать один из 8 переключателей, расположенных полукругом на расстоянии 10 см от центральной кнопки. 8 сигналов, каждому из которых соответствовал один из переключателей, появлялись в случайном порядке. Время от подачи сигнала до снятия руки с центральной кнопки у женщин было меньше, чем у мужчин (810 и 708 мс соответственно). Наоборот, интервал между снятием руки с центральной кнопки и нажатием переключателя был меньше у мужчин (239 мс против 310 мс у женщин).

Автор считает, что женщины быстрее совершают выбор нужного действия, но больше

времени затрачивают на выполнение самого действия. Это может говорить о более высокой скорости переработки информации у женщин. Возможно, однако, что женщины отрывают палец от центральной кнопки раньше, чем они принимают окончательное решение о том, какой переключатель нажать, чем и объясняется более длительный интервал между снятием руки и нажатием переключателя. Образно говоря, женщины думают, одновременно действуя, тогда как мужчины начинают действовать только после того, как приняли окончательное решение. Однако две эти различные стратегии в конечном итоге ведут к одинаковому суммарному времени реакции.

Perception and Motor Skills, 1981, v. 52, p. 90 (США).

Физиология

Легочная гипертензия у жителей Севера

Группа физиологов под руководством А. П. Милованова (Институт морфологии человека АМН СССР), используя специальную разработанную ими методику измерения артериального давления в малом, легочном, круге кровообращения (относительно быструю и малотравматичную по сравнению с имевшимися ранее), обнаружила и описала стабильную легочную гипертензию у жителей крайнего Северо-Востока нашей страны (Магаданская обл.) и Европейского Севера (Ненецкий автономный округ).

Повышение артериального давления в легочном круге с 18,3 до 60,4 мм рт. ст.¹ отмечается уже в первые 3—12 мес. после переезда на Север, сопровождаясь нарушением адаптации. Так, здоровые мужчины

¹ Все приводимые цифры относятся к средней доле правого легкого. В других долях цифры несколько иные, хотя динамика их сходная.

начинают жаловаться на одышку при физической нагрузке. В последующие 10 лет происходит снижение легочного давления до 47,6 мм рт. ст. (Магаданская обл.) или 39,4 мм рт. ст. (Европейский Север). Снижение сопровождается улучшением дыхательной функции.

У коренных жителей Ненецкого автономного округа — как русских, так и ненцев — также отмечается легочная гипертензия, достигающая 43,9 мм рт. ст. при отсутствии каких-либо жалоб. Особенно высокое давление (47,2 мм рт. ст.) обнаружено у ненцев-оленьеводов, выполняющих большой объем физической работы. Это говорит, по-видимому, об адаптивном значении легочной гипертензии.

Причина возникновения гипертензии заключается, по мнению исследователей, в затрудненности выдоха, вызванной сочетанием холода и ветра. Первичной реакцией является спазм мелких бронхов, который способствует согреванию и увлажнению вдыхаемого воздуха, но в то же время ведет к снижению объема легочной вентиляции. Это, в свою очередь, вызывает рефлекс Эйлера — спазм артериол, обуславливающий повышение легочного артериального давления. При длительном проживании на Севере гипертензия поддерживается за счет разрастания средней оболочки артериол.

Физиология человека, 1981, т. 7, № 6, с. 996.

Биология

Причина массовых миграций урании

17-летние наблюдения и эксперименты позволили Н. Дж. Смитсу (Смитсоновский институт тропических исследований, Панама) установить причину массовых миграций на огромных пространствах Центральной и Южной Америки черно-зеленой бабочки *Urania fulgens*.

Ареал этого вида насекомых точно совпадает с местами произрастания древесной лианы *Omphalea*; только листья омфалеи служат пищей личинок

урании и только на листьях омфалеи она откладывает яйца. Перелет взрослых бабочек начинается в конце июля и продолжается до начала ноября. Они летят в дневное время со скоростью 50 км/ч, причем способны преодолевать до 230 км открытого водного пространства. В миграциях урании наблюдается цикличность: до 1954 г. наиболее массовые перелеты (сотни миллионов особей) происходили раз в 8 лет (при этом в остальные годы число мигрирующих насекомых снижалось до нескольких тысяч), а после 1954 г. повторяемость цикла сократилась до четырех лет. В период перелета насекомые находятся в стадии размножения и откладывают яйца в пути.

В серии экспериментов Смит вначале выращивал большое количество лиан, взяв отростки омфалеи от одного и того же растения на атлантическом побережье Панамы. Меняя количество листьев, предлагаемой гусеницам в пищу, выращивая гусениц то отдельно от других особей, то группами, он пытался установить связь разных условий с миграционным поведением насекомого. Однако никаких зависимостей обнаружить не удалось. Но когда запас выращенных растений иссяк и был пополнен за счет материнской омфалеи, оставшейся в лесу, подавляющее большинство гусениц отказалось от пищи и погибло. Предположение, что произрастающая в лесу лиана подвергалась обработке ядохимикатами, при тщательной проверке пришлось отвергнуть. Никаких признаков заболевания в тканях насекомого также не было обнаружено.

Тем временем было замечено, что в естественных условиях урании избегает садиться на те экземпляры омфалеи, которые за свою жизнь уже были повреждены предыдущими поколениями гусениц этого же насекомого. Вырвавшие сотни новых экземпляров омфалеи от 19 разных материнских растений, Смит в течение семи лет оберегал их от гусениц, а затем начал имитировать нападения насекомых, срезая молодую листву бритвой и повреждая старую канцелярским дыроколом. После каждой такой обра-

ботки он позволял растениям оправиться, воспроизводя условия, когда между появлением очередных поколений гусениц проходит определенное время. Часть лиан повреждалась один раз, другая — дважды, третья — трижды; контрольные растения оставались нетронутыми. Выпущенные затем на листву гусеницы развивались по-разному: на растениях, не поврежденных, а также на обработанных один и два раза, насекомые развивались нормально. На экземплярах, повреждавшихся трижды, большая часть гусениц умерла, не достигнув зрелости.

Очевидно, ткани растения отвечают на повторные повреждения биохимическими изменениями (выработкой токсинов), которые затрудняют рост и развитие насекомого и одновременно служат «пусковым механизмом» для начала миграции. На завершение таких химических трансформаций растению как раз и нужно не менее четырех лет, причем в случае отсутствия новых нападений насекомого ткани растения возвращаются к обычному состоянию.

На сегодня это — единственный установленный случай прямого стимулирования насекомого к миграции со стороны растения, служащего ему пищей, путем химических изменений в тканях растения.

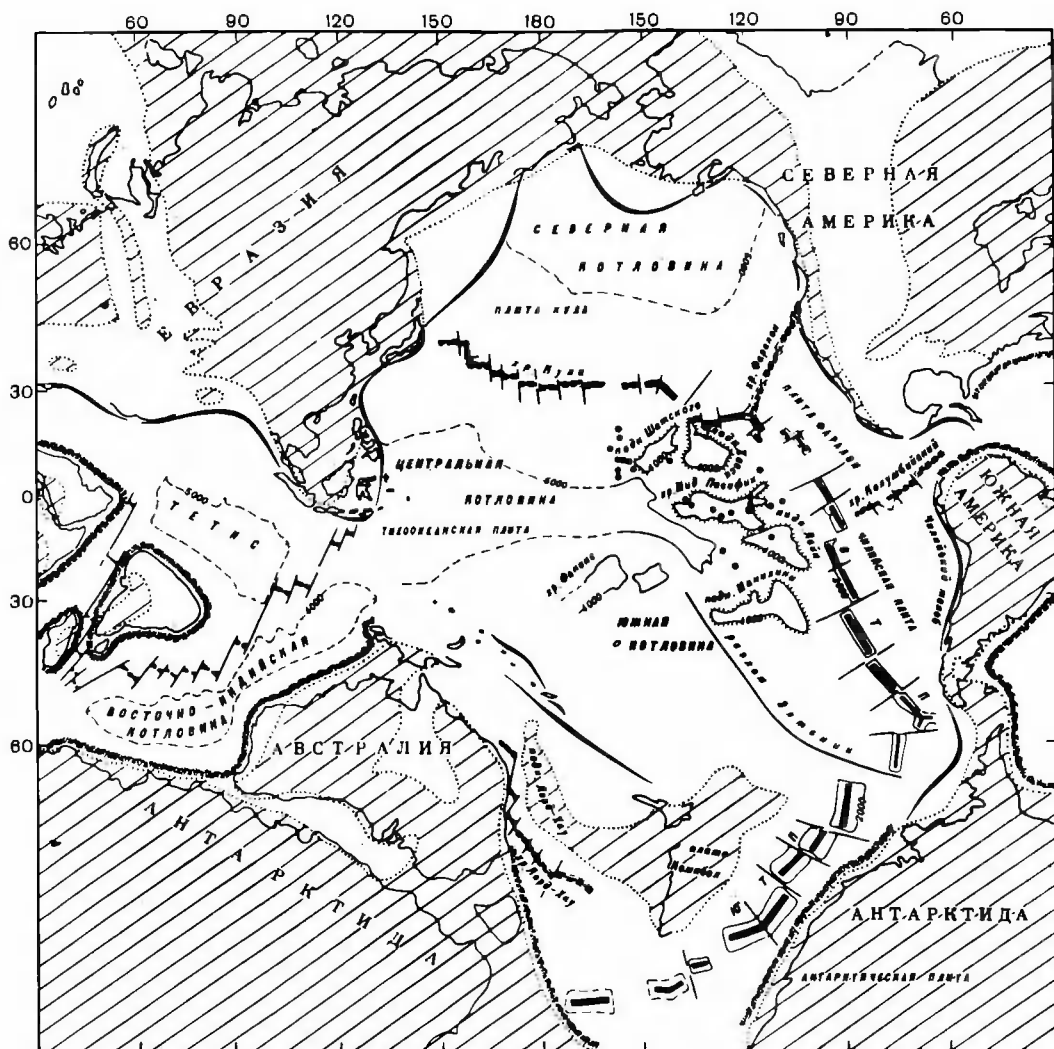
Smithsonian Institution Research Reports, 1981, № 34, p. 4, 7 (США).

Геоморфология

Тихий океан 76 млн лет назад

Представление о том, каким был Тихий океан в меловой период (76 млн лет назад), дает первая палеогеоморфологическая карта Тихого океана, составленная сотрудниками Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР Л. И. Волокитиной, Д. В. Борисевичем, А. В. Живаго и А. П. Седовым.

Ранее было известно, что глубина океана зависит от его возраста. Это положение, подтверждаемое данными глубоководного бурения и свидетель-



Морфоструктурная схема бассейна Тихого океана в позднемезозойское время.

Наиболее характерные палеонизобаты, очерчивающие подводные поднятия и котловины [а — по фактическим данным, б — предполагаемые]

Осевая зона срединно-океанических хребтов

Поднятия

Глубоководные желоба

Зоны трансформных разломов

Подводные горы

Суша

Континентальный склон

ВТП Восточно-Тихоокеанское поднятие

ЮТП Южно-Тихоокеанское поднятие

свующее о постепенном опускании дна океана в ходе его раздвижения от осей срединно-океанических хребтов, открыло возможность восстановить генеральные черты батиметрии океанов в прошлые геологические

эпохи. Однако этой общей закономерности, как оказалось, подчиняются не все участки дна: из нее выпадают асейсмические хребты и поднятия дна, расчлененный рельеф локального характера, молодые вулканические образования и ряд других структур. С учетом этих сведений была составлена палеобатиметрическая карта Тихого океана для эпохи позднего мела¹. Все основано положено представление о том, что современная глубина любого участка дна, независимо от размеров ранее образованных на нем форм

¹ См.: Океанология, 1980, т. XIX, вып. 5, с. 871

рельефа, определяется возрастом литосферной плиты (с учетом изостатической нагрузки на нее). На ЭВМ были восстановлены палеоглубины Тихого океана. Полученная таким способом батиметрическая карта отличается от ранее составленных (палеобатиметрических схем Дж. Склейтера, Д. Маккензи, Т. ван Андела) значительно большей подробностью, отражающей степень геоморфологической и структурной неоднородности ложе океана.

Проведя на основе этой новой палеобатиметрической карты геоморфологический анализ, авторы выявили значительные различия в распределении основных структур океанического дна в геологическом прошлом и в настоящее время. В конце мезозоя в Палеотихом океане существовало несколько глубоководных котловин, разделенных системами поднятий. Наиболее крупные котловины располагались в северной и центральной частях океана, менее крупные — в южной и восточной. Одной из особенностей Палеотихого океана являлось наличие в центральной его части нескольких провинций крупных подводных гор и поднятий. Эти черты отражены на приведенной здесь морфоструктурной схеме. На ее основе авторы и составили самую подробную на сегодня палеогеоморфологическую карту, одновременно отражающую генезис, возраст и морфологические особенности рельефа дна Тихого океана.

Геоморфология, 1981, № 1, с. 16—22.

Геохимия

Каталитические свойства вулканогенных пород

Почти всегда в состав газовых включений в земных породах вулканического происхождения входят водород, окись углерода и углеводороды. Это так называемая углеводородная компонента флюидной фазы¹, свойства которой промежуточны между свойствами газа и

жидкости. По мнению группы исследователей Института вулканологии ДВНЦ АН СССР (Петропавловск-Камчатский) и Института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева АН СССР (Москва), чтобы понять, как формировалась флюидная фаза, необходимо изучить каталитические свойства пород, вмещающих газовые включения.

Проведенные ими эксперименты показали, что каталитические свойства вулканогенных пород могут играть определяющую роль в процессах синтеза углеводородов из окиси углерода и водорода. Изучались каталитические свойства образцов вулканогенных пород различного химического состава, извлеченных из лавовых потоков некоторых вулканов Камчатки. С помощью химических и хроматографических методов анализировались продукты каталитических реакций, проходящих в смеси CO и H₂. Каталитическая активность образцов пород оценивалась не только по выходу продуктов синтеза, но и по степени превращения компонентов исходной смеси. Условия испытаний (в частности, температурные интервалы реакций 350—450°C) соответствовали той реальной обстановке, которая имеет место на глубине первых сотен метров в районах действия интенсивных вулканов.

Опыты показали, что образцы вулканических пород катализуют синтез жидких и газообразных углеводородов из водорода и окиси углерода. При 350°C каталитическая активность этих пород характеризуется 70—80%-ным выходом CO и 50—60%-ным выходом H₂. Выход фракций масла, бензина и газа (жидких продуктов синтеза) достигает 40, 11 и 3 мл/м³, соответственно. Газоль представлен в основном предельными углеводородами алифатического ряда с заметным содержанием олефинов и незначительным количеством кислородсодержащих соединений (спиртов и карбонильных производных). Среди газообразных продуктов

особенно велика доля бутан-бутиленовой фракции (до 55%); доля непредельных соединений (олефинов) в газовой фракции достигает 33%.

По-видимому, источником каталитической активности вулканогенных пород являются соединения железа; остальные составляющие породы выполняют роль структурных или химических промоторов, влияющих на свойства катализатора и состав образующихся продуктов. Доклады АН СССР, 1981, т. 257, № 5, с. 1158.

Вулканология

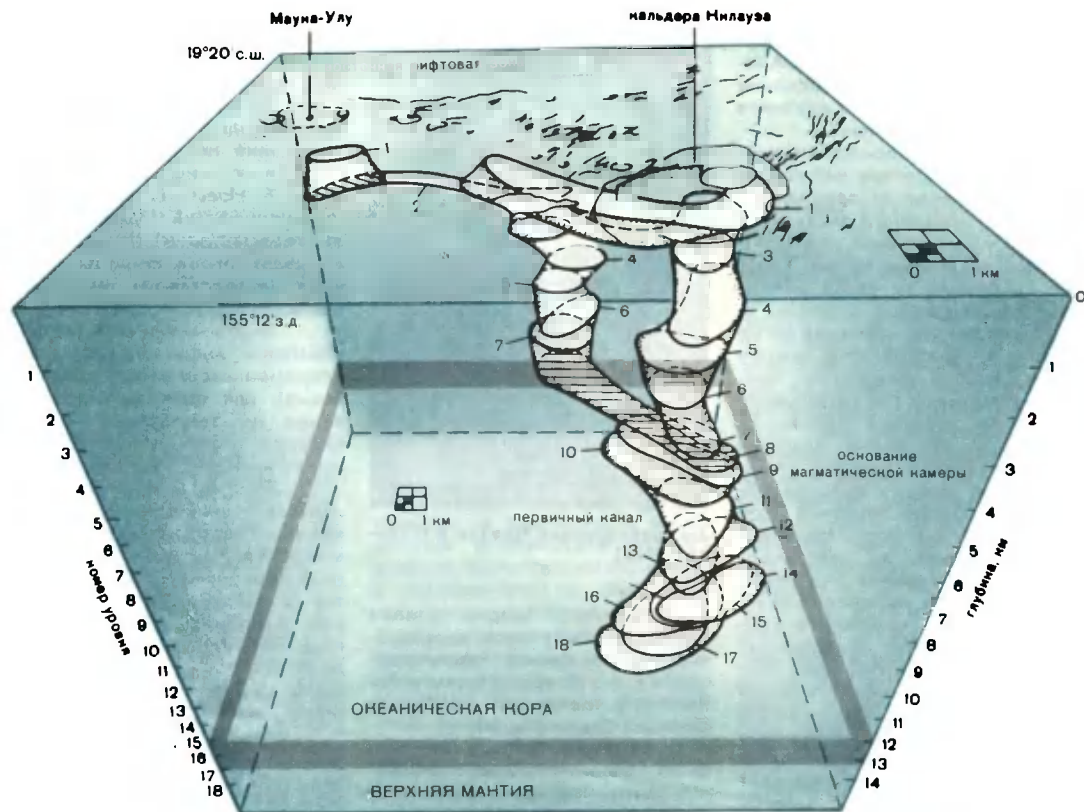
Вулкан в разрезе

Американские специалисты М. П. Райан, Р. С. Фиске (Музей естественной истории Смитсоновского института) и Р. Й. Койанаги (Гавайская вулканологическая обсерватория) создали объемную модель внутренней структуры магматического резервуара вулкана Килауэ (Гавайи). Эта первая в своем роде модель наглядно показывает геометрию магмоподводящих каналов, отражая результаты тридцатилетних обширных исследований по сейсмичности, деформациям коры перед извержениями, оценке объема изливаемых лав и т. д., принесшим Килауэ славу наиболее изученного вулкана на Земле.

В основу модели положены геологические и геофизические данные за 1969—1974 гг. В этот период произошло несколько крупных извержений из вершины Килауэ, а также образовался побочный вулкан Мауна-Улу в восточной рифтовой зоне.

В прозрачной плексигласовой модели хорошо различаются все структуры. В ней имеется 18 слоев (уровней), на которые нанесены сечения зон активного транспорта магмы. Эти зоны определены по сгущениям центров подземных толчков, положение которых в пространстве было специально рассчитано, при этом учитывались только те толчки, которые по комплексу признаков произошли в условиях высокого давле-

¹ Подробнее о флюидной фазе (или потоке) см., напр.: Макарушев А. А. Происхождение алмазов. — Природа, 1982, № 2, с. 46.



Модель вулкана Килауэа.

ния флюидов, т. е. были связаны с подъемом магмы к поверхности.

Согласно модели, магма на глубине 14,6 км поступает в первичный канал — винтообразную колонку с сечением эллипса (средняя длина большой оси 3,3 км, малой — 1,7 км). Было бы неоправданным упрощением представлять канал в виде трубы, наполненной магмой; скорее это система мелких трещин, по которым расплавы медленно поднимаются к поверхности. За последние 30 лет скорость поступления магмы составила $3 \text{ м}^3/\text{с}$.

Над первичным каналом, на глубине 6,5—5,7 км, располагается асейсмичная область, определяемая исследователями как основание магматической камеры. Предполагается, что породы здесь достаточно проницаемы для дальнейшего транспорта магмы как вверх — в магматический резервуар вер-

шины Килауэа, так и по латерали — в подводящий канал восточной рифтовой зоны и побочного вулкана Мауна-Улу. Магматический резервуар представляет собой переплетение интрузивных камер, общая емкость которых оценивается в $5\text{—}10 \text{ км}^3$ базальтовой магмы.

Систему магмоподводящих каналов и резервуар венчает на глубине 1—2 км область интенсивной сейсмичности; на поверхности земли этой области соответствует район наибольшего подъема («вспучивания») земной коры перед извержениями. По мнению вулканологов, в области интенсивной сейсмичности формируется система базальтовых даек (пластообразных секущих тел).

Новая модель магмоподводящей системы важна для понимания происхождения лав Гавайев. Например, тот факт, что продукты извержения восточной рифтовой зоны горячее изливаемых из вершины Килауэа, хорошо объясняется пря-

мым поступлением нагретых магм из первичного канала или основания магматической камеры в подводящую трубку восточной рифтовой зоны.

Journal of Geophysical Research, 1981, v. 86, № 88, p. 7111—7129 (США).

Геология

«Марсианский» кратер в Сахаре

При повторном анализе космических снимков, полученных еще в 1977 г. с борта американского спутника «Лендсат», Ф. Эль-Баз (Смитсоновский институт в Вашингтоне, США) обнаружил в восточной части пустыни Сахара, на территории Египта, неизвестный ранее крупный кратер диаметром 4 км. Это единственная сравнительно хорошо сохранившаяся среди большого поля движущихся пес-

ков кратерная структура. Подобный, но несколько меньший кратер известен в Саудовской Аравии, однако он настолько сильно разрушен эрозией, что изучение его малорезультативно.

Особенно примечательны в сахарском кратере наблюдаемые отклонения от закономерного расположения дюн, вызванные возвышающимся над местностью кратерным валом, а также свободная от песка зона у его подветренной стороны и большое темное неровное пятно к югу от кратера. Это темное пятно вполне аналогично тем, что наблюдаются на фотографиях многих кратеров Марса. По-видимому, на обеих планетах они образованы пленкой глины и окислов железа, которая обнажается, когда песчаный покров сдувается ветром. Изучение этого явления на местности должно подтвердить или опровергнуть такое предположение.

В район сахарского кратера направляется комплексная экспедиция, которая доставит оттуда образцы геологических пород. Определение их возраста и точное измерение параметров кратерного вала позволит установить, с какой скоростью идут в подобных условиях процессы ветровой и песчаной эрозии. Хотя атмосферы Земли и Марса существенно отличаются друг от друга, Эль-Баз считает, что по крайней мере первоначальное представление о таких процессах на Марсе можно будет получить путем внесения известных поправок.

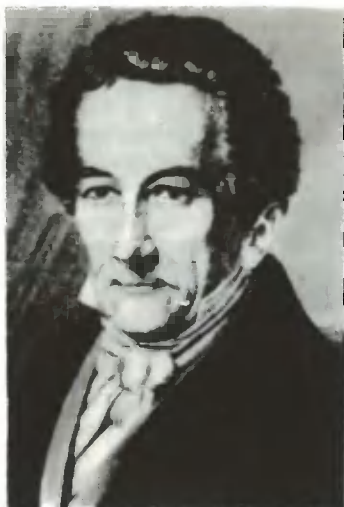
Дюны вокруг кратера в Сахаре достигают 100 м в высоту и 100 км в длину.

Science, 1981, v. 213, № 4506, p. 439—440 (США).

История науки

Еще один предшественник Менделя

Известный генетик и историк генетики Г. Штуббе (ГДР) считает, что имеются все основания приписать к предшественникам основоположника науки о наследственности Г. Менделя выдающегося немецкого агронома и почвоведца, созда-



Альбрехт Даниэль Тьер [14.V 1752—26.X 1828].

теля гумусовой теории питания растений и научного травосеяния, плодосменных севооборотов, механизатора сельского хозяйства и зоотехника Альбрехта Даниеля Тьера (Thaer).

В трудах Тьера, к которым было вновь привлечено внимание историков науки в связи со 150-летием со дня его смерти, с позиций современного естествознания по-новому зазвучали некоторые его мысли касательно явлений наследственности. (Кстати, Тьер еще при жизни был широко известен в Европе и в России. В 1830—1835 гг. в Москве был опубликован русский перевод его «Оснований рационального сельского хозяйства» и в 1834 г. «Описание новейших и общепользовных земледельческих орудий».)

Тьер на основе своих зоотехнических работ (он занимался селекцией овец) пришел к выводам в вопросах наследственности, которые, как считает Штуббе, на языке современной науки можно было бы изложить так:

1. Наследственность подчинена строгим законам;
2. При скрещивании различных разновидностей (рас) овец первое поколение дает примерно однообразное потомство;
3. Исходные доминантный и рецессивный задатки проявляются в единственном признаке;

4. Во втором (внучатом) поколении большое разнообразие форм стремится к проявлению признаков дедов и бабок;

5. Наследственные признаки передаются из поколения в поколение независимо друг от друга и не сливаются;

6. Новые наследственные изменения (на современном языке — мутации), которые Тьер называет «игрой природы», являются наследственно закрепленными;

7. Изменения, вызванные влиянием внешней среды (на современном языке — модификации), как правило, наследственно не закреплены (иными словами: приобретенные признаки не наследуются).

По существу, в этих семи пунктах наследственной концепции Тьера содержится весь менделизм, но без статистической обработки материала и без той гениальной методики, которая позволила Менделю более полувека спустя (1865 г.) подвести черту тысячелетним сомнениям в вопросах наследственности.

Заслуга Тьера тем более велика, подчеркивает Штуббе, что он работал на материале самом неблагоприятном — на млекопитающих. Все известные до сих пор предшественники Менделя — И. Г. Кельрейтер, Т. Э. Найт, Дж. Госс, Э. Сэтон, Дж. Галлези, О. Сажрэ, Ш. Ноден — работали на растениях, как и сам Мендель.

Важная заслуга в «перекрестии роли Тьера» в истории генетики принадлежит Э. Штейнер, чья диссертация, приуроченная к 150-летию со дня смерти Тьера, — «О вкладе Альбрехта Даниеля Тьера в развитие сельскохозяйственных наук в области продуктивности скота» — заставила пересмотреть работы Тьера под углом его огромного интереса к вопросам наследственности¹.

Acta Musei Moraviae, Folia Mendeliana, 1981, v. XVI (16), p. 255—261 (ЧССР).

¹ Следует добавить, что в русской литературе, даже в работах историка генетики А. Е. Гайсина, эта сторона деятельности Тьера не отмечалась. — Прим. ред.



Еще одна встреча с Л. А. Арцимовичем

В. А. Чуянов,
доктор физико-математических
наук

Москва



ВОСПОМИНАНИЯ ОБ АКАДЕМИКЕ
Л. А. АРЦИМОВИЧЕ. М.: Наука,
1981, 195 с.

На эту книгу нельзя, просто невозможно написать обычную рецензию. Допустим, сказать, что в одних воспоминаниях описаны первые шаги будущего академика на научном поприще, а в других — последние этапы его деятельности, что кто-то глубже, кто-то более поверхностно отразил его образ, что иллюстраций можно было бы дать и больше, переплет сделать похуже, а на с. 111 исправить ошибку в подписи под рисунком. Все это было бы правильно, но совершенно не отражало тех чувств, которые возникают после прочтения этой книги. Я начал читать ее в восемь вечера, закончил в три часа ночи,

и было жалко закрывать последнюю страницу. Так иногда коротка ночь для разговора с умным и интересным собеседником.

Автор этой рецензии ни в коей мере не может причислить себя к людям, достаточно хорошо знавшим Л. А. Арцимовича, хотя мне и пришлось многократно в течение десятилетия видеть и слышать его, сначала будучи студентом кафедры атомной физики физфака МГУ, которой он заведовал, а затем, работая в Институте атомной энергии. Если не считать встреч в университете, то мне пришлось лишь однажды иметь с Львом Андреевичем достаточно длительную беседу о моей собственной работе. Это случилось в 1969 г. во время Европейской конференции по физике плазмы в Утрехте, куда Лев Андреевич заехал ненадолго из Парижа, а я прибыл в качестве представителя Великобритании из Калэмской лаборатории, где тогда работал. Однако такова была необыкновенная личность этого человека, что каждая встреча с ним оставалась в памяти навсегда.

Книга «Воспоминания об академике Арцимовиче» подарила мне еще одну такую встречу, самую долгую и интересную в моей жизни. Воспоминания, написанные людьми, близко и долго знавшими Льва Андреевича, очень точно воссоздают его неповторимый и сложный образ, его яркую афористичную речь, хитроватый прищур глаз, склоненную немного на бок голову. Вспоминаются его лекции по физике плазмы двадцатилетней давности. Все в этом предмете тогда было в тумане, а он читал просто и ясно. «Не надо натягивать мохнатую шкуру теоретических построений на хилый скелет экспериментальных фактов», — с этих слов начался его курс и в этом стиле был выдержан до конца. Вспоминаются его острые, точно определяющие предмет спора и развешивающие словесную шелуху выступления на

семинарах в Институте атомной энергии, международных конференциях. Его авторитет, особенно среди иностранных физиков-плазменщиков (в своем отечестве, как известно, пророков не бывает), был непревзойден. Мне самому пришлось видеть, как на одной из международных конференций маститый ученый, глава национальной термоядерной лаборатории одной из европейских стран, покинув собственную делегацию, с опасностью для жизни пытался прыгнуть на ходу в переполненный автобус, где ехал Лев Андреевич, чтобы иметь возможность хотя бы в течение 30 минут в автобусе обсудить с ним пути дальнейшего развития своей лаборатории, переживавшей в то время кризис тематики. Мнения Льва Андреевича, его идеи, высказанные в начале 70-х годов, определили дальнейшее развитие термоядерных исследований по меньшей мере на два десятилетия.

Встречи с этим человеком, глубоко верившим в собственную интуицию (чьи мнения, как теперь видно, не всегда были абсолютно точны и справедливы, но всегда оригинальны и бескомпромиссны), далеко не у всех оставили лишь приятные воспоминания. И очень хорошо, что авторы и составители сборника не последовали мудрости древних — о мертвых хорошо или ничего, — не попытались сгладить острые углы, смягчить противоречия, приукрасить этот сложный и противоречивый образ. Видимо, такова была сила духа этого человека, что и после своей смерти не нуждается он, да просто не допускает никаких подкрашиваний.

Ирония Арцимовича могла быть убийственной, но он умел быть действительно мудрым. Вспоминается такой случай, произошедший в начале 70-х годов при защите дипломов на кафедре атомной физики. Один из дипломников провел лето, работая в стройотряде. Там поранил

ногу топором, заболел. Затем в лесу его укусила змея. Опять больница. В результате диплома выглядит — хуже некуда. Молодой руководитель дипломной работы требует наказать нерадивца. Члены экзаменационной комиссии в растерянности: что же поставить, «два» или «три»? Лев Андреевич долго слушал наши споры, внимательно изучил зачетку студента, а затем спросил секретаря комиссии, куда распределен данный студент. Оказалось, что к себе на родину, в один из университетов Украины. Лев Андреевич еще подумал, помолчал, а затем медленно сказал: «Нет, товарищи, даже четверку ему ставить нельзя, ему надо поставить пять. На Украине народ серьезный. Мы же парню из-за одной ошибки всю жизнь испортим». А затем, хитро прищурившись, добавил: «Да к тому же его еще и змея укусила!»

Жизнь Льва Андреевича Арцимовича — человека, ярко во всех своих проявлениях («человека Ренессанса» — как образно сказано одним из авторов этой книги), принимавшего самое активное участие во всех важнейших событиях своего времени, представляет благодатный материал для мемуарной литературы. Мне представляется, что составители сборника блестяще использовали эту возможность, собрав ценнейший материал и создав действительно человеческий документ. Своими воспоминаниями о Льве Андреевиче поделились известные советские и зарубежные ученые — академики М. А. Леонтович, Б. Б. Кадомцев, А. М. Прохоров, А. Б. Северный, член-корреспондент АН СССР А. И. Алиханьян, вместе с которым Л. А. Арцимович начинал свой путь в науке, глава Комиссии атомной энергии США, иностранный член АН СССР Гленн Сиборг, директор Принстонской лаборатории физики плазмы Гарольд Фюрт, известный немецкий физик, иностранный член АН СССР Макс Штеенбек, сотрудники Льва Андреевича по ленинградскому Физико-техническому институту, по работам военного времени в Казани, Физическому факультету МГУ, Институту атомной энергии, члены его семьи, просто друзья и знакомые. Конечно, не

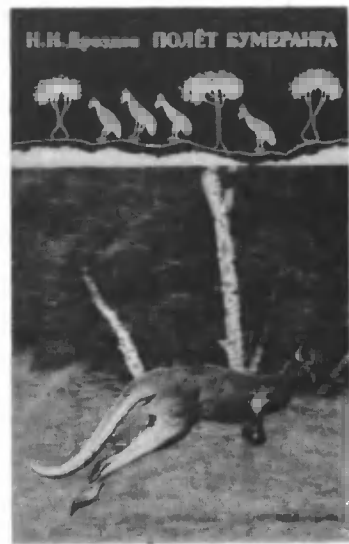
все материалы сборника равноценны. Различны люди, их писавшие, различен их опыт общения с Л. А. Арцимовичем. Сравнение их или изложение их содержания не является целью данной рецензии. Читатель сам без труда определит иерархию ценности этих воспоминаний, даже если он и не знал лично Л. А. Арцимовича. Но все эти воспоминания в целом объединяет чувство глубокого уважения к Льву Андреевичу, чувство, которое он внушал всем, с кем прикасался. Я надеюсь, что это чувство возникнет у всех, кто прочтает эту замечательную книгу и испытает радость знакомства и общения с одним из замечательнейших ученых и интереснейших личностей нашего времени.

В заключение этой рецензии хотелось бы высказать некоторые пожелания на будущее. Данный сборник воспоминаний — не первый о Льве Андреевиче. Некоторые воспоминания уже были опубликованы в 1975 г. в маленькой брошюре издательства «Знание» и позднее в других изданиях. Собрав новые материалы, составители сборника, выпущенного издательством «Наука», сделали очень полезное дело. Хотелось бы, однако, чтобы эта работа была продолжена и не были бы утеряны те «легенды» и «предания», которые еще хранит молва. Хотелось бы надеяться, что в скором времени появится более полное собрание воспоминаний (изданное не столь смелостворно малым тиражом, как нынешнее), с большим количеством иллюстраций, с более подробным документальным приложением (это просто замечательно, что материалы из архива ленинградского Физтеха вошли в сборник; но разве это все, что можно найти?), включающим в себя все публицистические выступления Л. А. Арцимовича, и в частности его замечательную статью «Физик нашего времени». Хотелось бы также, чтобы были предприняты и некоторые другие действия по увековечению памяти этого человека, который, несомненно, является гордостью не только советской, но и мировой науки, признанным руководителем термоядерных исследований во всем мире,

на много лет предопределившим развитие этой отрасли физики. Например, хотелось бы видеть его бюст в стенах физического факультета МГУ, в деятельности которого он внес столь значительный вклад.

Австралия глазами натуралиста

А. Г. Банников,
доктор биологических наук
Москва



Н. Н. Дроздов. ПОЛЕТ БУМЕРАНГА.
М.: Мысль, сер. «Путешествия.
Приключения. Поиск», 1980, 144 с.

Наш читатель изрядно избалован разнообразной и пестрой страноведческой литературой. Однако еще довольно редко удается прочесть книгу советского ученого-натуралиста, который длительное время жил и работал в далекой стране и все, о чем пишет, сам увидел, услышал, сам был участником описываемых событий. Именно это мы находим в книге «Полет бумеранга». Автор книги — доцент Московского университета, работающий в области зоогеографии, экологии аридных ландшафтов, охраны природы. Око-

ло года ему пришлось провести в Австралии, где в рамках научного обмена он работал в департаменте зоологии Австралийского национального университета.

Природа, растительный и животный мир Пятого континента — истинное эльдорадо для зоолога и географа: жаркие пустыни и горы со снежными вершинами, эвкалиптовые леса и коралловые острова, удивительные животные — яйцекладущие и сумчатые, страусы эму и птицы-медососы, ядовитые змеи и морские черепахи. Но чтобы все это увидеть и изучить, нужно побывать в самых разных уголках континента, добраться до отдаленных безлюдных мест, проехать и пройти сотни и тысячи километров.

Поэтому Н. Н. Дроздов предпринимает ряд экспедиций, либо вместе с другими учеными, либо даже в одиночку. Он пользуется для этого и самолетами, и лендровеерами-вездеходами, и рыбацкими шхунами, а в тех местах, где никакой транспорт уже не подспорье, совершает пешие маршруты.

С первых дней по прибытии в Канберру автору книги удается принять участие в отлове утконосов. Мало кому из зоологов приходилось видеть утконосов даже в зоопарках, так как содержание их в неволе сопряжено с большими трудностями. И, благодаря удаче автора, нам удастся узнать о том, как зоологи расставляют сети на тихой речушке, как при свете фонаря глубокой ночью вынимают из сетей уникальных зверьков, похожих на маленьких бобров с утиным носом. Оказывается, самку можно брать в руки без предосторожностей, но самца — только за хвост, избегая ядовитых шипов на задних лапах. Клов утконоса — мягкий и чувствительный, это основной проводник утконоса при подводной охоте. И, конечно, только из уст очевидца можно узнать, как ведет себя утконос в руках у человека, какова на ощупь шерсть утконоса, узнать, что он пахнет свежесловленной рыбой.

Вместе с университетскими зоологами автор отправляется в дальнюю экспедицию на о-в Кенгуру, где им предстоит отло-

вить для научных исследований более сотни кенгуру валлаби. На страницы книги ложатся свежие впечатления от внутренних районов материка — переезд через Водораздельный хребет, саванны и редколесья, пояс виноградарей и шумную задымленную Аделаиду.

На небольшом о-ве Кенгуру, за которым «следующая остановка — Антарктида», ученые организуют своеобразное «ночное родео». С наступлением темноты они выезжают на лендровеере, оборудованном выносной фарой, на пастбища и луга. По пересеченной местности они преследуют стада валлаби, и ловцы с сачками, стоящие на подножках, прыгают с автомобиля и накрывают сеткой проворных и вертких зверей. И первый пойманный автором зверь получает прозвище «русский валлаби».

В свободное от основной работы время автор совершает поездку в заповедник Флиндерс-Чейз, где ему удастся наблюдать поведение в природе замечательного австралийского сумчатого «медведя» — коалы.

И еще раз, уже в одиночку, автор приезжает на о-в Кенгуру, чтобы провести исследования биологии ехидны — древнейшего, наряду с утконосом, современного млекопитающего. Поведение ехидны — ее походка, поиски пищи, умение зарываться в землю, даже позы во время сна, на спине с раскинутыми в стороны лапами, описаны во всех деталях, с тщательностью этолога.

Вместе с Н. Н. Дроздовым мы знакомимся с животным миром и формами организации нескольких национальных парков, включая один из старейших в мире — парк Ройял, недалеко от Сиднея. Опыт содержания национальных парков особенно интересен для нас, так как в нашей стране эта форма охраны природы и рекреации начинается сейчас быстро развиваться.

На своем пути автор книги встречает фермеров и студентов, лесорубов и шоферов, ученых и рыбаков — приветливых, дружелюбных, трудолюбивых людей, готовых помочь случайному путнику, поделиться с ним своими радостями и горестями. Автору удается передать

колорит простонародного языка, красочного австралийского жаргона, особенно характерного для жителей австралийской «глубинки».

Для географа и историка любопытными окажутся страницы, на которых описаны места высадки капитана Джеймса Кука — в окрестностях нынешнего Сиднея — и Абеля Янса Тасмана — в нетронутом лесу на берегу тихой бухты в Тасмании. Там, где впервые высадился Джеймс Кук, вырос гигантский город, а к месту высадки Тасмана и теперь нужно пробираться через заросли папоротников и эвкалиптов. Все окрестное побережье осталось таким, каким увидела его экспедиция Тасмана — первая, как гласит надпись на монументе, группа белых людей, ступивших на эту землю и установивших голландский флаг 3 декабря 1642 г.

Во время поездки по Тасмании автору удастся посетить национальный парк Маунт-Филд, понаблюдать за хищными сумчатыми — тасманийскими дьяволами в зоопарке Гудвилл, встретиться с людьми, которые спасают детенышей кенгуру, попавших под колеса автомобилей. У погибшей самки вынимают из сумки детеныша и выкармливают его, поместив в мешки-«сумки» с электрическим подогревом, а когда он подрастет — выпускают в лес.

Самая дальняя и длительная экспедиция — в пустыни центра Австралии, и наиболее рискованное предприятие — траверс пустыни Симпсона. Без всякой дороги, по заросшим триодией ложбинам между бесконечными яркокрасными песчаными грядками вдвоем со своим спутником автор пересекает безлюдную пустыню и выводит свой лендровеер к одинокой ферме, приютившейся на другом ее краю. Ему приходится пережить несколько тревожных часов, когда обнаруживается, что автомобиль неисправен, а связи с внешним миром нет никакой и скорой помощи ждать неоткуда. И здесь путешественников выручает смекалка и немного удачи.

Знакомля читателя с обитателями пустыни — птицами, ящерицами, змеями, автор вспоминает эпизоды из жизни первопроходцев, многие из кото-

рых остались лежать в этих безводных песках.

Хотя большое число животных Австралии исчезает, отступая перед натиском цивилизации, есть и такие, которым вполне по душе освоенные земли, сады и парки, а соседство человека — вовсе не помеха. Это сумчатые зверьки — посумы, их удается наблюдать прямо из окна в университетском общежитии в Канберре. Они питаются плодами и цветами деревьев, поселяются даже на чердаках домов и причиняют немало беспокойства фермерам, собирая урожай фруктовых садов. Они нередко попадают под колеса автомобилей, и Н. Н. Дроздов рассказывает, как выходил нескольких раненых посумов, подобрав их на дороге, а затем

выпустил в лес подальше от оживленных трасс.

На небольшой шхуне мы отправляемся вместе с автором через воды Торресова пролива к самому северному островку Большого Барьерного рифа — о-ву Дарнли. Здесь живут только островитяне, европейцам позволяют посещать эти острова лишь по особому разрешению. Местные жители организовали здесь фермы по выращиванию морских черепах, и Австралийский университет посылает сюда двух зоологов для оказания консультативной помощи. Красочные описания кораллового рифа, ночной экскурсии по острову, встреч с варанами, сколопендрами, муравьями-портными и пауками-нефилами создают картину жизни тропического острова.

Удалось автору побывать и на востоке о-ва Новая Гвинея, который ныне представляет собой молодое независимое государство Папуа — Новая Гвинея. Мы знакомимся с условиями жизни и быта здешних жителей, узнаем о мерах по охране местной фауны, особенно крокодилов.

В небольшой по объему книге сосредоточено много интересной и полезной информации, преподнесенной читателю ярко, непринужденно, с живым и добрым юмором. Автор книги, заключая ее, признается, что много впечатлений, много материала еще осталось «за кадром» повествования. Хочется надеяться, что мы увидим эту книгу в расширенном и дополненном издании.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

В. П. Шелест. *ОСКОЛКИ*. М.: Энергониздат, 1981, 152 с., ц. 25 к.

«Осколки — это мысли о современном развитии теории микромира... Но... это и реальные осколки микромира — частицы, кластеры, кварки, партыны — главные герои нашего повествования», — так автор объясняет несколько необычное название своей новой книги. Она не является прямым продолжением его предыдущей книги «Новый круг», но, безусловно, связана с ней — в первую очередь, объектом внимания автора: в обоих случаях это мир элементарных частиц.

В книге рассказывается о последних достижениях в этой области физики, в частности, излагаются вопросы, связанные с рождением при очень высоких энергиях необычных объектов — частиц с большой массой и новыми квантовыми числами, сгустков ядерной материи (кластеров) и т. д. Привлекая для об-

суждения этих вопросов принятые на сегодня представления о строении элементарных частиц, автор не мог, конечно, обойти квантовую хромодинамику — современную теорию сильных взаимодействий, описывающую поведение кварков и «склеивающих» их глюонов. Квантовая хромодинамика черпает свои силы у квантовой теории поля, которой также посвящена одна из глав книги. Вопросы аксиоматизации теории, затронутые в этой главе, необходимо приводят автора к необходимости сделать экскурс в тематику, в частности в теорию множеств — мощное оружие современной теоретической физики.

Развитие науки не идет прямолинейно, а связи с ней чрезвычайно сложны и, порой, совершенно неожиданны. Поэтому В. П. Шелест избрал для своей книги форму отдельных рассказов, в которые включено множество исторических фактов, литературных примеров и даже анекдотов. По мысли автора, такие свободные ассоциации

должны не только помочь читателю нагляднее представить себе мир элементарных частиц, но и внести элемент развлечения в непростое дело знакомства с современной наукой. Этот же цели служат многочисленные изящные иллюстрации, выполненные одиннадцатилетним Димой Шелестом.

Биология

К. Б. Лосицкий. *ДУБ*. М.: Лесная промышленность (Б-чка «Древесные породы»), 1981, 100 с., ц. 25 к.

Ближе познакомиться с такой замечательной древесной породой, как дуб, полезно многим. И читатели этой книги, несомненно, проникнутся еще большим уважением к этому чудесному дереву, олицетворяющему мощь, крепость, красоту. Достаточно отметить, что по долговечности дуб превосходит все наши древесные породы, кроме тиса, растущего на Кав-

казе. Самым старым деревом в Европе считается дуб в Литве — ему более 1500 лет!

Почетная роль отводится дубу в ползащитном лесоразведении. Весьма ценится он в народном хозяйстве: прочная, твердая древесина, отличная кора для дубления, желуди для домашних и диких животных, листья для дубового шелкопряда. Дуб труднозаменим в гидротехнических сооружениях. И совершенно незаменим для клепки винных бочек (он придает особый вкус вину).

Дуб черешчатый — самый известный в средней полосе. А всего у нас произрастает 20 видов дуба, из них три на Дальнем Востоке, где преобладает дуб монгольский. Представитель средиземноморской растительности — вечнозеленый пробковый дуб разводится на Черноморском побережье Кавказа в плантациях для получения пробки. За прекрасные декоративные качества автор книги рекомендует происходящий из Северной Америки дуб северный (красный) для озеленения городов и создания парков.

Б. А. Быков
Москва

География

А. М. Викторов, Л. И. Звягинцев. БЕЛЫЙ КАМЕНЬ. Отв. ред. В. П. Петров. М.: Наука, Научн.-поп. сер., 1981, 121 с., ц. 50 к.

Белый камень — известняк мячковского горизонта из среднекаменноугольных отложений Центральной России — удивителен своей красотой, универсальностью и долговечностью в постройках; именно из него сложены древние соборы Владимиро-Суздальской Руси, ему обязана Москва своим прозванием — Белокаменная. Книга о белом камне принадлежит перу геологов, но предназначена не столько для коллег, сколько для строителей, архитекторов, реставраторов, археологов, историков, материаловедов, физиков. Она написана ясно, просто, интересно, а местами даже лирично. Читатель найдет в ней характе-

ристику месторождений белого камня и возведенных из него построек (и месторождения, и постройки указаны на картах), узнает о процессах, его разрушающих и, напротив, оберегающих, узнает о том, почему мячковский известняк — один из лучших строительных камней нашей родины — противостоит морозу и дождю. Материал собирался авторами десятилетиями (части его неоднократно публиковались в научных и научно-популярных журналах). Таблицы свойств белого камня делают книгу также справочником, необходимым реставраторам.

С сожалением укажем на недостатки, в которых, боюсь, виноваты не авторы, а издательство. Во-первых, для многих книга эта открывает двери в область смежных областей знания, но, войдя в них, читатель с трудом найдет дальнейший путь: приведенная в книге библиография (по истории архитектуры и по геологии) ничтожна! И, во-вторых, очень мало иллюстраций: нет фотографий характера разрушений, нет микрофотографий. А жаль: книга эта для ряда специалистов может стать настольной.

Хотелось бы надеяться, что авторы не оставят работу над темой и в следующем издании их книги указанных недостатков не будет.

П. В. Флоренский,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Этнография

Ф. Роуз. АБОРИГЕНЫ АВСТРАЛИИ. ИХ ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ. Пер. с нем. Ю. О. Бема. Отв. ред. и автор послесл. В. Р. Кабо. Сер. «Рассказы о странах Востока». М.: Наука, Главная редакция восточной литературы, 1981, 160 с., ц. 85 к.

В середине 1978 г. появилось сообщение, перевернувшее наши представления о далеком прошлом аборигенов Австралии. В аллювиальных отложениях р. Мерчисон в Западной Австра-

лии археологи нашли три десятка каменных орудий, предположительный возраст которых 100 тыс. лет. Раньше же считалось, что предки австралийцев пришли на этот материк лишь 40 тыс. лет назад.

Автор, известный ученый из ГДР, знакомит читателя с жизнью и бытом австралийских аборигенов, их обычаями и верованиями от древности до наших дней, с их общественными отношениями и экономикой. Последний вопрос очень важен, ибо, несмотря на влияние извне, большинство аборигенов не совершило качественного скачка от сообщества охотников и собирателей к иной хозяйственной деятельности — производству пищевых продуктов. Один австралийский ученый в шутку объяснил это так: «Потому что нельзя выращивать колючую траву и доить кенгуру» (с. 22).

В книге приведены многочисленные данные о влиянии мифологии на практические действия аборигенов. Богат цифровой материал об экстенсивном выращивании овец на шерсть, о слабо заселенных и необитаемых районах, о плантациях сахарного тростника на побережье, о социальном расслоении. Книга Ф. Роуза насыщена многими фактами, которые не были известны читателям.

Организация науки

И. Б. Вознесенский. ПОСОБИЕ ПО КОРРЕСПОНДЕНЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ И ОРГАНИЗАТОРОВ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ. Л.: Наука, 1981, 305 с.

Участие в международных научных конференциях стало теперь важной составной частью научной жизни. Многие такие конференции организуются советскими учеными. Организация международных конференций, а иногда и участие в них требуют предварительной обширной переписки на английском языке. Поэтому пособие по такой корреспонденции — весьма актуальная книга. Автор ее стремится максимально облегчить поиск

ки нужного материала. Этому служит разработанная им оригинальная структура издания. Основную часть его, почти 190 страниц, составляют 1252 английских текста, взятых из реальных писем участников и организаторов различных научных конференций. А остальные 110 страниц занимает пояснительно-справочный аппарат.

В разделе «Пояснения» дается русское описание писем по научным, организационным, финансовым, бытовым и другим вопросам, причем многие из этих описаний составлены в виде таблиц, дающих ссылки на соответствующие номера английских текстов, из которых должно составляться то или иное письмо. Таким образом, письмо пишется как бы по программе, и в принципе книга может быть использована для составления программы написания писем с помощью электронно-вычислительной машины.

Раздел «Указатель» представляет собой подробный, хорошо разработанный русско-английский словарь-указатель, содержащий ссылки на тексты, в которых употреблено то или иное слово. С помощью этого указателя книга может использоваться в любой деловой переписке на английском языке.

Автор проанализировал огромный практический материал, и в книге отражены буквально все вопросы, которые могут возникнуть при подготовке конференции как у участников, так и у организаторов. Книга может служить не только пособием по переписке относительно конференций, но в известной мере и руководством по их организации. Это особенно ценно, поскольку таких руководств на русском языке до сих пор еще не было.

Будет очень хорошо, если разработанный И. Б. Вознесенским принцип составления пояснительно-справочного аппарата удастся применить для других случаев использования иностранных языков, например при написании научных статей.

В. С. Оскотский,
кандидат физико-математических наук

Ленинград

История науки

И. А. Апокини, Л. Е. Майстров, И. С. Эдлин. ЧАРЛЬЗ БЭБИДЖ. 1791—1871. Отв. ред. В. С. Рожков. М.: Наука, Науч.-биограф. сер., 1981, 125 с., ц. 45 к.

К проблеме создания вычислительных приборов обращались Леонардо да Винчи, Паскаль, Лейбниц. Однако все созданные до середины XIX в. вычислительные машины были громоздки, сложны и дороги в изготовлении. Теоретической основой их было моделирование правил действий с целыми числами и их основных свойств. Никаких других проблем они не решали. Англичанин Чарльз Бэбидж по-новому подошел к проектированию вычислительных машин. Им было разработано устройство, названное аналитической машиной, с элементами, характерными для современных ЭВМ: программным управлением, памятью, вводом данных с помощью перфокарт. Им же были сформулированы основные принципы программирования, развиты идеи о логической структуре вычислительных машин и их математическом обеспечении. Но эти идеи были восприняты немногими — Бэбидж на целое столетие опередил науку и технику своего времени.

В книге прослеживается история развития вычислительной техники от ее истоков до первых электронных цифровых машин, описан жизненный и творческий путь Бэбиджа, рассказывается о его совместной работе с леди Августой Лавлейс, дочерью Байрона, которая разработала первые программы для аналитической машины Бэбиджа.

Философия естествознания

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Методологические проблемы. Ежегодно 1981. М.: Наука, 1981, 384 с., ц. 1 р. 60 к.

Методологические проблемы, связанные с исследованием процессов управления в

сложных социально-экономических системах — стержневая тема очередного, уже тринадцатого по счету выпуска ежегодника «Системные исследования». Включенные в сборник статьи распределены по четырем разделам. В первом делается попытка разработать и обобщить системный подход к проблемам управления, исследуются такие важные категории, как целенаправленность, рефлексия, прогнозирование и планирование, качество планирования сложных производственных комплексов (авторы статей С. В. Емельянов, Э. Л. Напельбаум, В. И. Данилов-Данильян, А. А. Рывкин, Ю. М. Горлин, В. Н. Лившиц). В статьях второго раздела (авторы А. Ю. Терехина, Г. М. Зуев, М. В. Арапов, В. М. Петров, П. С. Граве, А. Ю. Акопов) рассматриваются вопросы моделирования различных форм социального и экономического поведения и регулирующих его механизмов (при этом само поведение наследуется как иерархически организованная система с весьма сложными и многообразными межуровневыми взаимодействиями). Третий раздел открывается статьей Г. П. Шедровицкого «Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок». В ней, как и в других статьях (В. Г. Горохова, В. М. Сарычева, А. А. Олицкого, А. А. Игнатова), обсуждается функционирование коммуникационных механизмов научной деятельности в ее динамике. Четвертый раздел ежегодника посвящен реализации принципа системности в сфере дизайна (статьи Л. А. Кузмичева и В. Ф. Сидоренко, Д. Н. Щелкунова, А. Г. Устинова).

Гексли, Гукслей и Хаксли без общего знаменателя

В. М. Полянин
Москва

Когда мы пишем и говорим «Гексли», имеется в виду Томас Гексли, сподвижник и современник Дарвина. «Хаксли» — это тоже Гексли, но другого поколения: Джулиан — биолог, Олдос — писатель. Встречается еще «Гукслей». Это тоже Хаксли, но в смысле Гексли и уже в транскрипции К. А. Тимирязева. Как это ни странно, но подобные вольности в переводе иностранных имен на русский язык иногда нас не только не путают, но помогают быстро разобратся, с каким представителем одаренного рода мы имеем дело и даже в чьей интерпретации.

В эпоху научно-технической революции, демографического, информационного и всяких прочих взрывов, в том числе библиографического, когда всерьез подумывают о замене библиотек голограммотеками, об отказе от каталожных карточек в привычных продолговатых ящичках, занимающих гораздо больше библиотечного помещения, чем примитивнейшая ЭВМ, когда, короче, все идет вперед, подумывают об общем знаменателе в деле библиографических разночтений.

Директор Института научной информации США Ю. Гарфилд, также озабоченный этими вещами, приводит голливудскую поговорку: «Можешь говорить обо мне все что угодно, только не коверкай моего имени». Однако для библиографов эта мудрость не подходяща. Гарфилд приводит такой факт. В «Указателе статей по естественным наукам», издаваемом его Институтом, японское имя «Т. Сузуки» с 1965 по 1978 г. упоминалось 945 раз, в сноски давались 7300 раз. Под этим именем, с тем же инициалом, печатались 25 авторов.

Примеры с Гексли, вернее Хаксли, и Сузуки показывают,

что и в библиографии, вопреки Гегелю, не все действительно разумно и не все действительно действительно. Кстати, это сказало и не самом Гегеле. Как известно, у Гегеля было три имени — Георг Вильгельм Фридрих, а для сокращенной сноски полагается выбирать один инициал. Традиция требует брать так называемое «первое» имя. У Гегеля «первое» имя — первое. И когда пишут «Г. Гегель», не ошибаются. У современника Гегеля Иоганна Кристиана Фридриха Гёльдерлина, как очевидно, тоже три имени. Но у него «первое» имя — третье, и нельзя писать И. Гёльдерлин, а только Ф. Гёльдерлин. А с великим деятелем той же эпохи и того же народа Эрнстом Теодором Амадеем Гофманом в той же ситуации приходится поступать иначе. У Гофмана «первых» имени три. Поэтому везде и всюду пишут Э. Т. А. Гофман. Можно даже не запоминать, как его звали, но при виде трех инициалов безошибочно под Гофманом узнается великий писатель, композитор, художник, критик и дирижер. Гофман с двумя инициалами — это уже химик-органик Август Вильгельм, с одним — или Фридрих Гофман — терапевт или Эрих Гофман — сифилидолог.

Эти трудности выбора не мнимые. Откройте Большую Советскую Энциклопедию «на Гельмгольца». Под портретом великого физика, математика, физиолога и психолога стоят три инициала. Указание на «первое» имя можно выкопать в сноске на статью И. М. Сеченова, который пишет «Герман фон Гельмгольц». Но выбрав «Германа», мы столкнулись с проблемой «фона».

Увы, и тут проблема, и даже же международная.

У нас сословный традиционализм как будто отошел в прошлое. Но пишем же мы «фон Нейман». При чем, имея в виду американца. «Фон Нейманов» же немецких (тоже ма-

тематика — Карла Готфрида и физика — Франца Эрнста) лишаем дворянского исторического фона. И проявляем снисхождение в то же время к Вернеру фон Брауну, Луи де Бройлю, де Бари, де Дюву, Гуго де Фризу.

Редко-редко, там, где традиция, можно найти логику. В силу ван-дер-ваальсовых сил ван дер Ваальса следовало бы искать в справочниках и словарях на «ван...», как, к примеру, ван Гог. Не тут-то было! Ван дер Ваальс, Ян Дидерик, «идет» на «ваа...» — как «Ваальс Я. Д. ван дер», а Винсент ван Гог на «ван» — как «Ван Гог, В.».

Американцам и вообще англоязычникам с каталогизацией дворянских частиц, предлогов и приставок приходится еще туже. «Ван» у них разрешается сокращать до «в.», а «фон» ни в коем случае. У бывших испанских и португальских дворян, а также у имен с географической этимологией — свои национальные требования. Португальцы не возражают, когда при цитировании на первое место ставится имя, идущее за приставкой, и у нас Васко да Гама надо искать на «га...», а не на «да...» и уж, конечно, не на «ва...». Испанца же, к примеру, Мануэля Антонио Лас Хераса (причем «Лас», а не «лас») хотя, как у Гама, это не существенное: там предлог, здесь артикль) надо писать так: «Лас Херас, Мануэль Антонио». Вместе с тем испанцы мирятся, если имя Антонио дель Рио встанет не на «д», а на «р»: «Рио, Антонио дель». «Дель», оказывается, не так престижно, как «Лас». «Дель» — всего лишь предлог, а «лас» — приставка.

Но европейские имена — это цветочки.

У китайцев всего 200 фамилий, а если в сноске фамилию полагается ставить впереди, то в списке китайские авторы кажутся все на одно лицо. Но есть так называемые этнические китайцы, чаще в Америке, с европейскими именами и ставя-

щие, как принято, имя перед фамилией и создающие для библиографов новую проблему.

А корейцы? У них широко распространены фамилий всего три: Ким, Пак и Ён.

Директор Исламского информационного библиотечного центра в Карачи (Пакистан) Анис Хуршид жалуется на свои трудности. И не с переводами, а с родными мусульманскими именами. В местном каталоге надо поставить имя одного египетского автора. Его зовут Фар-ад-Дин Абу Абдулла Мухаммад Ибн Умер Ибн аль-Хасан Аль-Хатиб Ар-Рази. «Первым» именем египтянина оказалось четвертое — Мухаммад. Ибн Умер Ибн аль-Хасан — имя отца или праотца Мухаммада. Аль-Хатиб — родовое или племенное прозвище. Фар-ад-Дин — почетный титул. Абу Абдулла — имя, уточняющее происхождение. Ар-Рази — название произведения или города, откуда автор родом.

Библиографы всего мира ищут пути к общему знаменателю. Американское библиотечное общество, Британская библиотека, Канадский комитет по каталогизации, Библиотека Конгресса США после долгой работы создали единые «Англо-американские правила каталогизации», которыми пользуются почти все англоязычные страны. В нашей стране, которая входит в Международную федерацию библиотечных обществ и учреждений (ИФЛА), уже 21 год действуют «Единые правила описания произведений печати для библиотечных каталогов». В § 101 «Общие правила написания имен авторов, пишущих на западно-европейских языках» можно найти ответы почти на все вопросы перевода и оформления ссылок. Но у нас, как и не у нас, как издатели, так и

авторы часто руководствуются при выпуске в свет своих сочинений и изданий не этими правилами, часто даже не традицией, а интуицией.

Автор знаменитой «Саги о Форсайтах» (и не по злой воле библиографов в Государственной библиотеке СССР им. В. И. Ленина) фигурирует в каталоге как Гэлсуорси, Гельзуортси, Гелсворти, Гелсуорси, Гельсуорти, Голсуорти, Голсуорси, Гелсворт, Гэльсуорси и, наконец, Голсуорси. Теперь принято последнее написание. Но остальные из каталога «Ленинки», как из каталогов «Салтыковки», сотен и тысяч других библиотек, в хранилищах которых попал Голсуорси в десяти ипостасях, не выкинешь. Как слово из песни.

Как прийти к единообразию? Американцев и англичан больше всего волнует вопрос с прифамильными предложениями, приставками и частицами. Они предлагают разрубить гордиев узел старых традиций следующим образом: впредр все частицы сливать с последующим именем в одно слово. (У нас в БСЭ можно встретить «Де ла Рош» и «Деларош». Американцы предлагают последний вариант.) Предлагающие сливанию частицы — американцы называют это коллапсированием — сведены в такую таблицу:

АЛЬ	ДЮ	СТЕ
БЕН	Д'	ТЕН
ДИН	ЭЛЬ	ТЕР
ДА	ИЛЬ	Ф.(ФОН)
ДАС	ЛА	ВАН
ДЕ	ЛЕ	ВАН ДЕН
ДЕ ЛА	Л'	ВАН ДЕР
ДЕЛЛА	МАК	В.Д. (ВАН-)
ДЕЛА	МК	ДЕР)
ДЕН	О'	ВАН ДЕР
ДИ	СЕН	ФОН
ДО	СЕНТ	СЕН
ДОС	С.	ЦУМ

В согласии с этой таблицей, Жорж Де ла Тур должен писаться как «Делатур Ж.»

Н. И. Герасимова, руководитель группы Отдела каталогизации Государственной библиотеки им. В. И. Ленина, член Международной федерации библиотечных обществ и учреждений, считает, что к выходу из кризиса ведут два пути. Первый: перейти в переводе имен от транскрипции к транслитерации, т. е. создавать на другом языке эквиваленты не звукам, а буквам. Такой стандарт существует, например, при переводе латиницы на кириллицу и кириллицы на латиницу. Второй путь: впредр автор должен вместе со своим сочинением представлять также и написание своего имени во всех иноязычных библиографических вариантах. Так скорее всего удастся совместить традицию с новаторством и не ущемить авторского самолюбия и права.

Советский генетик и историк науки А. Е. Гайсиневич за более полувека публикации его работ за границей наблюдал следующую трансформацию своего имени: Haisinovic → Gaissinovitich → Gaissinovich. Недавно в ГДР он напечатан как Gajsinović. Пример типичной транслитерации. Действительно, русское «ч» на немецком языке удалось изобразить одной буквой вместо четырех — tsch. Как тут не вспомнить смелый шаг в изменении русского алфавита, из которого вылетели ижица, фита и ять. Конечно, библиографам голландская поговорка не подходит, прежде всего из-за ее первой согласительской части. Да и «коверкать», вернее сказать, трансформировать имена тоже необходимо. Но не так, что — по русской поговорке — потом и своих не узнаешь.

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,
Мароновский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 5.03.82
Подписано к печати 14.04.82
Т — 04000
Формат бумаги 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1636 тыс.
Уч.-изд. л. 15,5
Бум. л. 4
Тираж 61 100 экз. Зак. 660

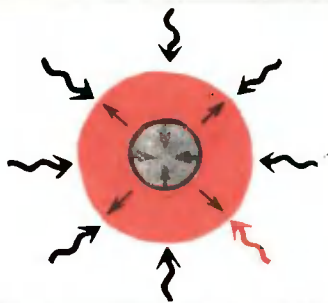
Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. г. Чехов Московской области.



В следующем номере

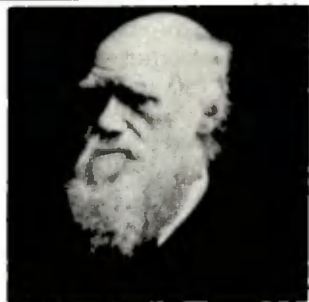
Исследования гляциологов показывают, что можно увеличить сток воды с крупных ледников Памира, зачерняя их поверхность и тем самым усиливая таяние, создавая в горах водохранилища и искусственные наледи.

Кеммерих А. О. Вода с памирских ледников.

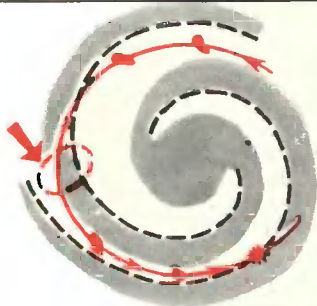


Характер взаимодействия лазерного излучения с веществом определяется главным образом интенсивностью этого излучения. С помощью современных лазеров можно изучать практически все многообразие физических процессов, возникающих под действием лазерного излучения на различные среды — от отдельных атомов и молекул до сверхплотной плазмы.

Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г., Гамалий Е. Г. Физические явления в поле лазерного луча.

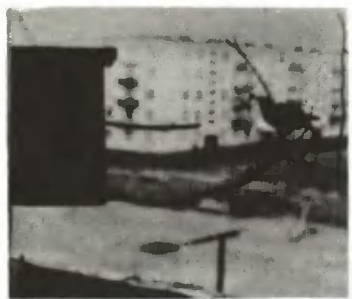


«Дарвинизм вчера и сегодня» — подборка статей, посвященная 100-летию со дня смерти Чарлза Дарвина.



Согласно последним астрофизическим данным, Солнце в Галактике находится в особом положении — вблизи коротационной окружности. Возможно, это и определило специфику Солнечной системы — наличие планет, жизни и т. д.

Марочник Л. С. Исключительно ли положение Солнечной системы в Галактике?



168 видов птиц из 13 отрядов гнездятся или, пролетая, останавливаются в Ленинграде.

Храбрый В. М. Динамика орнитофауны Ленинграда.

Цена 80 коп.
Индекс 70707

