

ISSN 0032-874X

9 1986

# ПРИРОДА



Ежемесячный  
популярный  
естественнонаучный  
журнал  
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
академик  
Н. Г. БАСОВ

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

Доктор физико-математических наук  
Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук  
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик  
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

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

Ответственный секретарь  
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук  
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора  
академик  
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

Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАШУК

Доктор физико-математических наук  
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Золотая медаль имени М. В. Ломоносова (автор С. Т. Коненков).

Учреждена в 1956 г. Академией наук СССР для награждения представителей естественных наук. В 1967 г. получила статус высшей награды АН СССР и с тех пор присуждается ежегодно Президиумом АН СССР как за отдельные научные достижения, так и по совокупности научных работ, одна — советскому и одна — иностранному ученому. См. в номере: Золотые медали им. М. В. Ломоносова АН СССР за 1985 г.

На четвертой странице обложки. Атомный ледокол «Сибирь» в Карском море. См. в номере: Волков Н. А. «Колумб Российский между льдами».

Фото В. Ю. Вяткина.



*Михаил Васильевич ЛОМОНОСОВ*  
*8 (19).XI 1711 — 4 (15).IV 1765*

## В НОМЕРЕ

- Жданов Ю. А. Слово о Ломоносове** 4
- Гений, опередивший свое время. В такой оценке М. В. Ломоносова кроется опасность представить его как чудо и исключение. Но чудес не бывает. Явление Ломоносова было рождено нуждами государственного, экономического и культурного развития России.
- Логунов А. А. Наш первый университет** 16
- Московский университет — это грандиозный памятник его основателю. Следуя идеям М. В. Ломоносова, университет вот уже более 230 лет служит отечеству, приумножая интеллектуальное богатство народа, внося творческий вклад в сокровищницу мировой научной мысли.
- Мирошников М. М. «Извлечь вещи из темноты»** 26
- Велики заслуги М. В. Ломоносова в развитии оптики. Само это слово появилось в русском языке исключительно благодаря ему. Особый интерес представляют его работы, связанные с ночезрительной трубой — оптическим прибором, призванным улучшить видимость в темноте. Они по существу предвосхитили основные следствия из появившейся лишь спустя два столетия теории квантовых флуктуаций света.
- Шульц М. М. О природе стекла** 41
- «Далече до конца Стеклу достойных хвал...» — восклицал свыше двух столетий назад М. В. Ломоносов, приступая к изучению стекла и его производству в России. Сегодня, сталкиваясь с применением стекла буквально на каждом шагу и зная о его свойствах неизмеримо больше, чем во времена Ломоносова, мы с полной уверенностью можем повторить эти слова вслед за родоначальником отечественной науки вообще и науки о стекле в частности.
- Волков Н. А. «Колумб Российский между льдами»** 53
- Осуществилась мечта М. В. Ломоносова о времени, когда русские мореплаватели «меж льдами» новый путь отворят на восток». Северный морской путь стал постоянно действующей транспортной магистралью, без которой немислимо развитие хозяйства страны.
- Трофимук А. А., Ермиков В. Д. «Прирастать будет Сибирию»** 65
- Научно-исследовательская программа «Сибирь» по важности некоторых проблем имеет мировое значение. Она призвана научно обосновать основные направления ускоренного развития производительных сил региона и обеспечить высокие экономические показатели использования природных ресурсов Сибири.
- Барсуков В. Л., Волков В. П. 225 лет исследований атмосферы Венеры** 73
- Атмосфера Венеры, открытая М. В. Ломоносовым 225 лет назад, оставалась непроницаемой для ученых вплоть до 60-х годов XX в. Сейчас она активно исследуется с помощью космических аппаратов. В результате пересматривается представление о Венере как о «близнеце Земли».
- Гаврюшин Н. К. «Храм наук» и «Книга природы»** 82
- Социальный статус науки в XVII в. настолько возрос, что М. В. Ломоносов в своей «табели о рангах» смело ставит естествоиспытателей и математиков на одну ступень с пророками и апостолами. Но насколько отчетливым был образ науки как целого в представлениях его современников?

<b>Добровольский Г. В. Бесценный дар природы</b>	<b>88</b>
<i>М. В. Ломоносов жил и работал в то время, когда почвоведения как системы знаний еще не существовало. Но уже тогда он сумел глубоко вскрыть сущность почвообразовательного процесса. Недаром В. И. Вернадский назвал Ломоносова не только первым русским почвоведом, но и первым почвоведом вообще.</i>	
<b>Овчинников Н. Ф. Истоки и судьба «закона Ломоносова»</b>	<b>99</b>
<i>Задолго до А. Лавуазье М. В. Ломоносов на опыте показал сущность и значение закона сохранения вещества в химии. Идея сохранения была для него важнейшим принципом научных поисков, с которым необходимым образом должны были согласовываться общие теоретические утверждения.</i>	
<b>Волчанская И. К. Признаки скрытых руд на поверхности Земли</b>	<b>108</b>
<i>Их впервые тонко подметил М. В. Ломоносов еще в Саксонских рудниках. В наши дни изучение земной поверхности с помощью спутников помогает обнаруживать новые рудные месторождения.</i>	
<b>НОВОСТИ НАУКИ</b>	<b>114</b>
<i>Золотые медали им. М. В. Ломоносова АН СССР за 1985 г. (114) • Радиолокация тропических циклонов (116) • Сколько звезд на небе? (116) • В поисках нечетного совершенного числа (117) • Суперсимметрия в атомной физике? (118) • Фагоциты и канцерогенез (118) • Как активизируется пепсин (119) • К механизму полета насекомых (119) • Дюгони не исчезли! (120) • Физиология обмана (120) • Скорость опознания цвета мальчиками и девочками (120) • Охлаждать или нагревать? (121) • Качурка контролирует загрязнение моря (121) • Древнейшая нефть (121) • Сверхдальний дрейф земной коры (122) • Цикличность климата в Африке (122)</i>	
<b>Диалог с читателем</b>	
<b>Уроки Чернобыля</b>	<b>123</b>
<b>РЕЦЕНЗИИ</b>	
<b>Цверева Г. К. Президент самый настоящий (на кн.: Дашкова Е. Записки. 1743—1810)</b>	<b>125</b>
<b>НОВЫЕ КНИГИ</b>	<b>127</b>
<i>Петровский А. Д., Селиверстов Ю. П. По дорогам и тропам гвинейской саванны (127) • Соловьев Ю. И. Николай Семенович Курнаков: 1860—1941 (127)</i>	
<b>В КОНЦЕ НОМЕРА</b>	
<b>Ломоносов М. В. О рудоискательных вилах</b>	<b>128</b>

## Слово о Ломоносове

Ю. А. Жданов

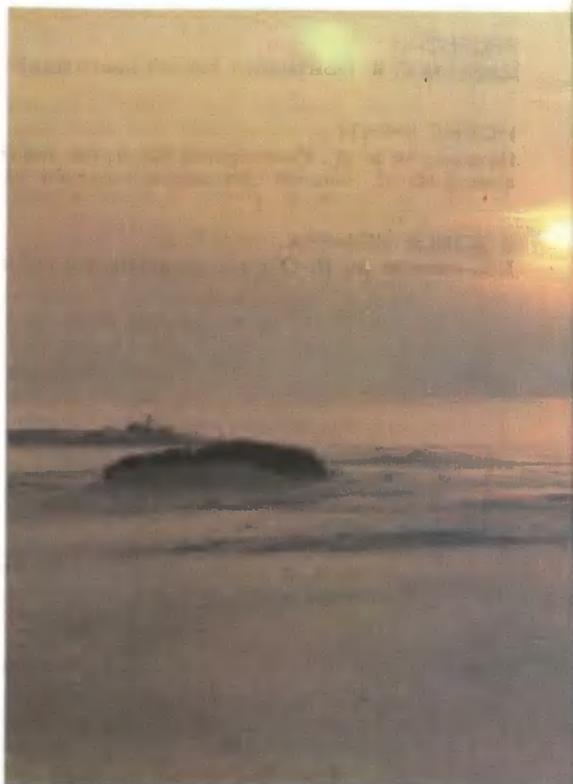
При начале любого движения важнейшую роль играет точность избранного курса. Если в начале допущена ничтожная ошибка в выборе направления, то со временем обнаружится непоправимое отклонение от цели. М. В. Ломоносову принадлежит честь проложить верный курс русской науке, придать ей мощный импульс и точное движение. Это в первую очередь относится к химии, которую он стремился превратить из набора эмпирических рецептов в строгую научную дисциплину, связав ее с физикой и математикой. Непреходящую ценность имеет его стремление осуществить широкий научный синтез, связать теорию с практикой, соединить естествознание с философией, науки о природе с гуманитарным знанием.

Грандиозная фигура Ломоносова кажется неожиданной, странной и случайной на фоне дел и лиц середины XVIII в. в России. Она никак не вписывается в салонный быт верхов русского общества, в кокетливые извивы барокко, гибридизированные с вопиющими чертами азиатского варварства, во многом сохранившимися в стране после недавних реформ, в политические условия дикого самовластия, маскируемого кокетничанием с Западом, в пучину невежества, прикрываемую внешними просветительскими аксессуарами.

Нельзя забывать, что первый в России учебник арифметики Л. Ф. Магницкого был издан спустя 16 лет после выхода «Начал» И. Ньютона, что жизнь текла во многом по «Домострою», когда уже вышли труды Т. Гоббса, Т. Мора, Ф. Бэкона, Д. Локка.

Тем не менее фигура Ломоносова — закономерное порождение того общественного поворота, который наступил в стране после петровского обновления государственного строя России. Характеризуя петровскую реформу, Г. В. Плеханов справедливо писал: «Москва покоряет татарские царства, приобретает Сибирь, присоединяет к себе половину южной Руси,

но все-таки остается старой азиатской Московией. Является Петр и совершает «насильственный переворот» в государственной жизни России. Начинается новый, европейский период русской истории. Славянофилы ругали Петра антихристом именно за «внезапность» сделанного им переворота. Они утверждали, что в своем реформаторском рвении он позабыл об эволюции, о медленном «изменении типа» общественного строя. Но всякий мыслящий человек легко сообразит, что петровский переворот был необходим в силу пережитой Россией исторической эволюции, что он был подготовлен ею»<sup>1</sup>.



Аналогичным образом можно рассматривать и явление Ломоносова. Оно рождено нуждами нового экономического быта, ковавшегося в ранее отсталой, азиатской стране. В то же время оно стало событием в европейской, а следовательно, и мировой науке того времени. Этот прорыв к высотам современного ему знания, к синтезу достигнутого европейской наукой ощущается в самооценке, которую дал себе Ломоносов: «Меня за Аристотеля, Картезия, Ньютона не почитайте. Если же вы мне их имя дадите, то знайте, что вы холопы...»<sup>2</sup> Он одним великанским махом, личным примером показал,

Что может собственных Платонов  
И быстрых разумом Невтонов  
Российская земля рождать<sup>3</sup>.

Но он не остановился на достигнутом уровне; как подлинно великий человек

<sup>1</sup> Плеханов Г. В. Соч. Т. 3. М., 1928. С. 51.

<sup>2</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 2. С. 259.

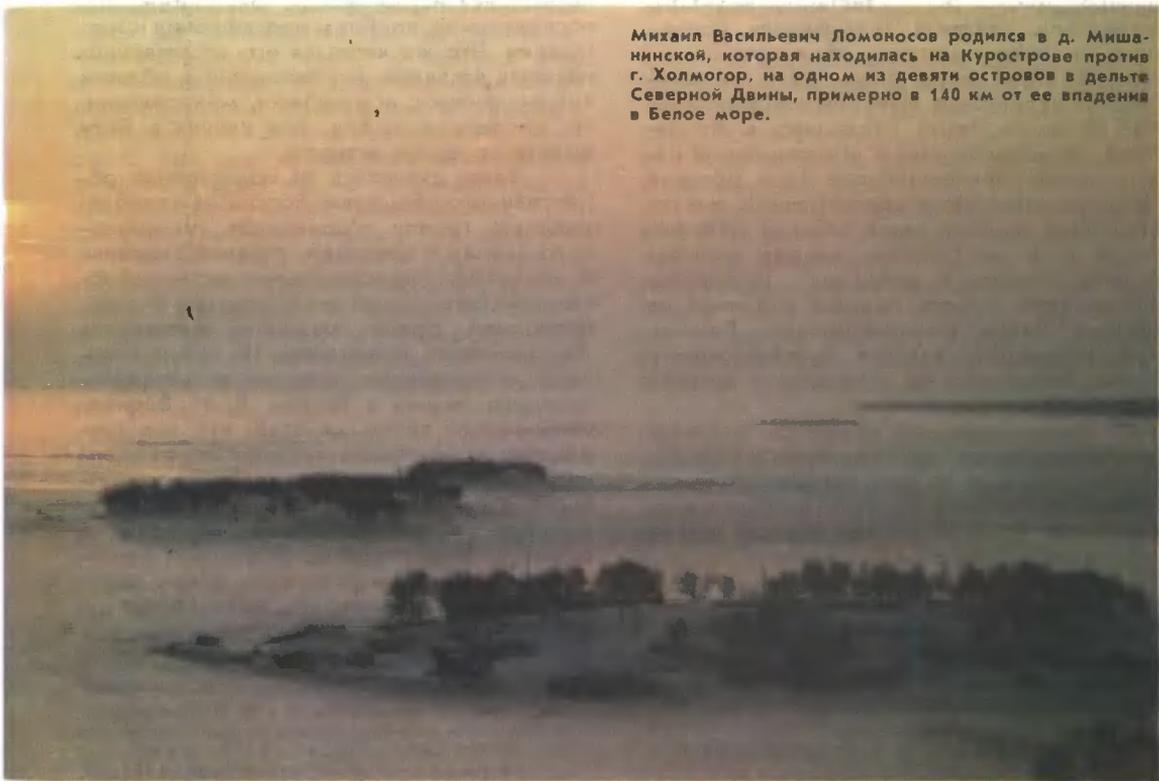
<sup>3</sup> Там же. Т. 8. С. 206.

он проникся общественными потребностями эпохи, общественной необходимостью, пониманием нужд страны и осуществил высший синтез знаний и культуры. В этом смысле Ломоносов — не мифический, а реальный, исторический культурный герой. Как Прометей, как Дедал, но только не в легенде, а в действительности.

Ломоносов справедливо иронизировал по поводу того, что «крестьянин смеется астроному как пустому верхогляду». Но нельзя оставить без ответа другой острый вопрос: как сын помора из архангельской деревни Мишанинской стал астрономом, создателем и конструктором оптических приборов, первооткрывателем «знатной» атмосферы Венеры? Ситуация осложняется тем, что основные и самые многочисленные социальные слои России XVIII в. были абсолютно чужды научного знания. В. И. Вернадский в «Очерках по истории естествознания в России в XVIII столетии»<sup>4</sup> справедливо отмечал, что помещное дворянство, купечество и духовенство в России были далеки от ес-

<sup>4</sup> Вернадский В. И. Очерки и речи. Пг., 1922.

Михаил Васильевич Ломоносов родился в д. Мишанинской, которая находилась на Курострове против г. Холмогор, на одном из девяти островов в дельте Северной Двины, примерно в 140 км от ее впадения в Белое море.





Юрий Андреевич Жданов, член-корреспондент АН СССР, председатель Президиума Северо-Кавказского научного центра высшей школы, ректор Ростовского государственного университета им. М. А. Суслова. Специалист в области химии природных соединений, теоретической органической химии, философии естествознания, истории и теории культуры. Автор многих монографий, в том числе: Гомология в органической химии. М., 1950; Воздействие человека на природные процессы. М., 1952; Ленин и естествознание. М., 1959; Очерки методологии органической химии. М., 1960; Учение о противоречии как суть, как ядро материалистической диалектики. М., 1967; Теория строения органических соединений, М., 1971; Сущность культуры (в соавторстве с А. Е. Давидовичем). Ростов-на-Дону, 1979; Энтропия информации в органической химии. Ростов-на-Дону, 1979; Нерасторжимые звенья. Культура и наука. Традиции и современность. Ростов-на-Дону, 1984. Неоднократно выступал на страницах «Природы».

тествознания; тем более это относится и к угнетенному российскому крестьянству.

В каких же социальных слоях мог пробудиться интерес к естествознанию и технике? Развитие этих сфер знания в первую очередь стимулировалось общегосударственными интересами, требованием государственной политики. Открытие новых земель, развитие мореходства, создание армии, строительство городов, крепостей и каналов — все это требовало точных знаний в картографии и навигации, металлургии и корабельном деле, гидрографии и баллистике, астрономии и минералогии. Освоение новых земель на Востоке и Юге давало множество естественно-научного материала, который требовалось осмыслить, систематизировать, объяснить.

В этом заключалась одна из важнейших культурных функций государственной политики Петра. Обращаясь к его памяти, Ломоносов писал: «Прозорливый разум свыше просвещенного сего монарха предусмотрел, что и в пространном сем государстве высокие науки изберут себе жилище и в российском народе получат к себе любовь и усердие»<sup>5</sup>. Творчество Ломоносова явилось прямым откликом на призыв Петра европеизировать Россию. Эта тенденция, затухая и возрождаясь вновь, более уже не исчезала из русской истории.

Ломоносову не пришлось работать непосредственно при правительстве Петра. Последовавшую за ним историческую ситуацию грустно-иронически охарактеризовал А. К. Толстой в стихотворной сатире «История государства Российского...»:

Тут кротко или строго  
Царило много лиц,  
Царей не слишком много,  
А более цариц.

И хотя Ломоносов испрашивал у предержавших власть царственных дам «Вашего высокоmaterного попечения» о науках, но на смертном одре он признавался академику Я. Я. Штелину: «...теперь при конце жизни моей должен видеть, что все мои полезные намерения исчезнут вместе со мною»<sup>6</sup>. В российской истории подобная опасность была углована не только ему.

И все-таки, как ни странно, Ломоносов в конечном итоге оказался неправ. Судьба его духовного наследия примечательна. Читающая и думающая Россия преемственно сберегла труды Ломоносова, касавшиеся исторических, филологических исследований, проблем просвещения и экономики. Что же касается его естественно-научных взглядов, исследований в области химии, физики, астрономии, минералогии, то, на первый взгляд, они канули в Лету вместе со своим автором.

Здесь сказалось то «раздвоение образованного общества» России на преобладающую группу сторонников гуманитарного знания и традиции, с одной стороны, и немногих представителей естественно-технического крыла — с другой. В этой, последней, сфере традиция, заложенная Ломоносовым, прервалась. Но это не означало прекращения развития естественно-научного знания в России. В. И. Вернадский весьма тонко заметил, что «не традицией и не преемственностью поддерживалась непрерывность хода научного развития в России»<sup>7</sup>, непрерывность поддерживалась общественной потребностью в развитии естествознания и техники; постоянно и неуклонно возникали новые ростки, которые заменяли вытопанные и погибшие.

Временное, но длительное забвение

<sup>5</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 1. С. 421.

<sup>6</sup> Цит. по: Меншуткин Б. Н. Жизньописания Михаила Васильевича Ломоносова. М.: Л., 1947. С. 270.

<sup>7</sup> Вернадский В. И. Цит. соч. С. 47.

научного наследства Ломоносова постоянно волновало русскую общественную мысль, требовало разъяснения и оценки. Н. Г. Чернышевский посвятил этой проблеме немало страниц в знаменитых «Очерках гоголевского периода русской литературы». Он вскрыл одно важное противоречие в судьбе российских ученых и художников. Это противоречие, по его мнению, связано с необходимостью для русского общества решать две задачи: творческую и практически-просветительскую, поисковую и прикладную. Вот что он писал по этому поводу: «...Бэкон, Декарт, Галилей, Лейбниц, Ньютон, ныне Гумбольдт и Либих, Кювье и Фарадей трудились и трудятся, думая о пользе науки вообще, а не о том, что в данное время нужно для блага известной страны, бывшей их родиною»<sup>8</sup>.

Ломоносов страстно любил науку, был великим ее деятелем, но шаг за шагом просветитель побеждал в нем ученого, и это было неизбежно. Его гениальные дарования, способности и научные идеи не могли непосредственно взойти на русской почве, поэтому его работы не оказали существенного влияния на европейскую и русскую науку его эпохи. Правда, этот вывод не может быть принят с полной категоричностью. А. Вольта прямо ссылался на Ломоносова как автора кинетической теории тепла и критика учения о теплороде. Г. Дэви повторил почти дословно идею Ломоносова в «Элементах химической науки» без ссылки на автора. С тех пор исследователи ссылались обычно на Дэви как на основателя молекулярно-кинетических представлений, упуская вклад русского ученого.

Автор «Что делать?» продолжал: «Со временем будут и у нас, как у других народов, мыслители и художники, действующие чисто только в интересах науки или искусства; но пока мы не станем по своему образованию наравне с наиболее успешными нациями, есть у каждого из нас другое дело, более близкое к сердцу — содействие, по мере сил, дальнейшему развитию того, что начато Петром Великим. ...Русский, у кого есть здравый ум и живое сердце, до сих пор не мог и не может быть ничем иным, как патриотом, в смысле Петра Великого, деятелем в великой задаче просвещения русской земли. Все остальные интересы его деятельности — служение чистой науке,

если он ученый, чистому искусству, если он художник, даже идее общечеловеческой правды, если он юрист,— подчиняется у русского ученого, художника, юриста великой идее служения на пользу своего отечества»<sup>9</sup>. И вот Ломоносов вынужден сосредоточить свои силы на решении этой задачи. Отсюда — забота о написании грамматики, о развитии Академии наук, об университетском образовании, об организации лабораторий и экспедиций. Даже знаменитый «Гимн бороде» носит просветительский-антиклерикальный характер, даже льстивые оды имеют целью привлечь внимание царствующих особ к нуждам просвещения.

В. И. Вернадский в своих оценках еще более углубил наше понимание реальных противоречий, с которыми столкнулся в своей научной деятельности Ломоносов. Он видит в судьбе ученого три стороны, составляющие одно единое противоречие: «В истории науки еще больше, чем в личной истории отдельного человека, надо отличать научную работу и научное творчество от научного образования»<sup>10</sup>.

В судьбе Ломоносова тесно сплелись все эти формы научной деятельности: творчество, как поиск нового знания; применение накопленных сведений, как приложение известного, и просвещение, как распространение света знаний, образование и воспитание народа. Социальные условия России высоко подняли вклад Ломоносова в решение последней задачи, но задержали понимание его значения в научном творчестве.

Одной из проблем культурного развития человечества издавна является соотношение естественно-научного и гуманитарного мышления. Она весьма обострилась в современном мире, на что обратил внимание Ч. Сноу в своем очерке «Две культуры». Сноу призывал слить воедино обе формы восприятия действительности в едином синтетическом миропонимании. Но в новое время это немногим удавалось; среди них выдающееся и принципиально важное место принадлежит И.-В. Гёте, который известен не только своими литературными произведениями, но и работами в физиологии, ботанике, оптике. Однако еще до Гёте удивительно полный и глубокий синтез естественно-научного и гуманитарного знания был осуществлен в России Ломоносовым.

<sup>8</sup> Чернышевский Н. Г. Избр. филос. соч. Т. 1. М., 1950. С. 575.

<sup>9</sup> Там же. С. 577.

<sup>10</sup> Вернадский В. И. Цит. соч. С. 48.





Дом № 61 по ул. Герцена в Ленинграде. На этом месте, на набаржной Мойки, стоял дом Ломоносова, где он жил и работал в 1757—1763 гг. «Но бог помог мне сразу обзавестись собственным домом в центре Петербурга, поместительным, устроенным по моему вкусу, с садом и лабораториею, где я проживаю уже восемь лет и по своему усмотрению произвожу всякие инструменты и опыты». М. В. Ломоносов — Л. Эйлеру, февраль 1763 г.



Мы видим в нем преобразователя русского языка, основателя нового этапа в русской поэзии, филолога, историка и экономиста. Недаром Пушкин ценил в нем «величайший ум новейшего времени»<sup>11</sup>.

Отметим, что внимание к социальным и природным предметам не чередовалось внешним образом в занятиях Ломоносова, а органически сплеталось в его деятельности, порождая удивительные явления культурного синтеза. Очень тонко подметил Г. В. Плеханов в творчестве Ломоносова «дыхание космической поэзии»<sup>12</sup>.

В истории человеческого духа «космическая поэзия» явление древнее, имеющее свою традицию. Еще народы Шумера и Аккада в поэтической форме рассказали миф об Этане, который на крыльях орла поднялся в космос и сумел увидеть разом всю Землю, затерявшуюся в пространстве. В эпоху Возрождения космические сюжеты вдохновляли музу Дж. Бруно, исполненную астральных устремлений, воспевшую множественность миров.

Навсегда живы ломоносовские строки, которыми он живописует красоту безбрежного неба:

Открылась бездна, звезд полна;  
Звездам числа нет, бездне дна<sup>13</sup>.

Эти слова и поныне звучат как поэтический эпиграф к нашему космическому веку, как мысленная нить, протянутая к мечтам Циолковского, к полету Гагарина.

Провидческим оком Ломоносов пытается представить, какие открылись бы картины, «когда бы смертным толь высоко возможно было взлететь». Вот что представилось его внутреннему взору, когда он мысленно поднялся к Солнцу:

Там огненны валы стремятся  
И не находят берегов,  
Там вихри пламенны крутятся  
Борющиеся множество веков;  
Там камни, как вода, кипят,  
Горящи там дожди шумят<sup>14</sup>.

Единство научного и эстетического подходов было свойственно Ломоносову

и в решающей области его творчества — в сфере химических исследований. Его, если можно так выразиться, «химическое мышление» охватывало и доступную науке того времени область минералогии, и технологию, и явления физические, и математические подходы. Подобное синтетическое восприятие предмета отражало универсальность, синкретизм способа постижения действительности, присущего Ломоносову. Пушкин недаром называл его нашим первым университетом<sup>15</sup>.

Универсальность Ломоносова действительно уникальна. Фактически она родственна духу Возрождения и в первую очередь вызывает по ассоциации образ Леонардо да Винчи. Как и у великого флорентинца, картину мира, которую рисовало воображение Ломоносова, можно в целом назвать механической. Эта форма движения материи была более всего исследована естествознанием, начиная от античных времен и вплоть до XVIII в. В новое время она нашла себе блестящее воплощение в гениальных трудах Галилея, Декарта, Ньютона. Ломоносов опирался на весь опыт механического естествознания и предпринял попытку распространить его представления на химические явления: «...если кто хочет глубже постигнуть химические истины, то ему необходимо изучать механику»<sup>16</sup>. Следующая логическая ступень в рассуждениях Ломоносова такова: знание механики невозможно без овладения чистой математикой. Отсюда требование к химику — основательно изучать и знать математику.

Следует отметить, что Ломоносов, учитывая небольшой для своего времени объем применения математики в естественных науках (гидравлике, оптике, аэрометрии, астрономии), удивительно глубоко оценил роль математических методов для успешного решения химических задач. Без применения методов математики немислимы термодинамика, статистическая физика, кинетика и, конечно, современная теоретическая химия, которая развилась на базе квантовой механики. Математика действительно сделала, как и предвидел Ломоносов, ясным, достоверным и очевидным то, что было в химической науке темно, сомнительно и недостоверно. Это в первую очередь относится к пониманию строения атома, природы химической связи, межмолекулярных взаимодействий. Сейчас наз-

<sup>11</sup> Пушкин А. С. Путешествие из Москвы в Петербург // Полн. собр. соч. Т. 7. Л., 1979. С. 191.

<sup>12</sup> Плеханов Г. В. Соч. Т. 21. М.; Л., 1925. С. 149.

<sup>13</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. В. С. 120.

<sup>14</sup> Там же. С. 118.

<sup>15</sup> Пушкин А. С. Цит. соч. С. 191.

<sup>16</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 1. С. 75.

ревает новый прорыв математических методов в сферу химического исследования. С одной стороны, он связан с моделированием химических процессов, протекания химических взаимодействий в реальных реакторах, в обширных природных системах, вплоть до глобальных. С другой — математика вторгается в самые интимные стороны химических превращений. Этому служат корреляционный анализ, теория графов, теория информации. Химики вынуждены привыкать к использованию метода Монте-Карло; им приходится иметь дело не только с геометрией, на чем настаивал Ломоносов, но и с общей топологией. Решение современных химических задач совершенно невозможно без привлечения новейшей вычислительной техники, которая быстро захватывает область молекулярных исследований. Нельзя не поражаться глубине прозрения Ломоносова, который писал: «Все, что есть в природе, математически точно и определено; хотя мы иногда сомневаемся в этой точности, но наше незнание нисколько не умаляет ее...»<sup>17</sup>

В афористически краткой форме Ломоносов писал: «моя химия — физическая». Однако краткость формулировки не должна закрывать всей сложности поставленной здесь проблемы единства двух наук. В первую очередь коснемся того, как понимал Ломоносов физику. Вот его слова: «...блаженства человеческие увеличены и в высшее достоинство приведены быть могут яснейшим и подробнейшим познанием природы, которого источник есть натуральная философия, обще называемая физика»<sup>18</sup>.

Нам никак не следует упускать из виду неоднозначного, двойственного понимания физики, как оно выступает в мировоззрении Ломоносова. Первое традиционно идет от Аристотеля, который понимал под физикой общее знание о природе. Но Ломоносов недаром неоднократно критикует Аристотеля, вычлняя в физике то, что мы ныне относим к физическим формам движения: теплоту, свет, тяготение. Тем не менее известный дуализм термина сохраняется.

Фактически Ломоносов поставил не одну, а две проблемы. Он не просто явился создателем физической химии в современном смысле слова, но и стремил-

ся понять место химии в общей системе наук о природе, в натуральной философии. Именно в последнем смысле слова употребляет Ломоносов термин физика, когда говорит предельно лаконично: «Химия есть правая рука физики, математика — глаза...»<sup>19</sup>

Здесь химия понимается в широком мировоззренческом плане, как одна из важнейших сторон общего учения о природе. Такую оценку подтверждает следующее высказывание Ломоносова: «Изучение химии имеет двоякую цель: одна — усовершенствование естественных наук, другая — умножение жизненных благ. Последняя цель, к которой с большими денежными затратами и с огромным трудом стремились во все времена, особенно же в настоящем и предыдущем веках, достигла хороших успехов; первая же, намеченная только несколькими любознательными людьми, почти что не обогатила философского познания природы»<sup>20</sup>. Практическая сторона химии подробно описана Ломоносовым в знаменитом «Слове о пользе химии». Уже здесь автор выделяет два класса близких и в то же время противоположных по своей природе явлений, разделяющих химические тела на естественные, порождаемые природой, и искусственные, изобретенные разумом и смекалкой. Сюда относится приготовление металлов и красок, пищи и напитков, лекарств и пороха.

Получение искусственных продуктов может основываться лишь на знании естественных химических закономерностей, общих принципов природы. Такова диалектика, которую подмечает Ломоносов: «Учением приобретенные познания разделяются на науки и художества. Науки подают ясное о вещах понятие и открывают потаенные действия и свойств причины; художества к приумножению человеческой пользы оные употребляют. Науки довольствуют врожденное и вкорененное в нас любопытство; художества снисканием прибытка увеселяют. Науки художествам путь показывают; художества происхождения наук ускоряют»<sup>21</sup>. Приведенная здесь общая оценка взаимоотношений между наукой и практикой не вызывает возражения и в наше время.

Коснемся теперь беспокойства Ломоносова по поводу того, что современная ему химия «не обогатила фило-

<sup>17</sup> Там же. С. 149.<sup>18</sup> Там же. С. 535.<sup>19</sup> Там же. С. 115.<sup>20</sup> Там же. Т. 2. С. 459.<sup>21</sup> Там же. С. 351.



Химическая лаборатория Ломоносова. Внешний вид и интерьер. Макет. Музей М. В. Ломоносова. Здание лаборатории было возведено в 1748 г. на дворовом участке дома, где жил в то время Ломоносов, так называемого Бонова дома (по имени его первого владельца генерала Г. И. Бона). Место было выбрано удачно: хозяин лаборатории мог наблюдать за опытами день и ночь, поскольку жил рядом. По расчетам Ломоносова и И. Д. Шумахера, на строительство нужно было 1470 р. 95 к. Ярославский подрядчик «Михаил Иванов сын Горбунов», вышедший победителем в объявленных 10 июня 1748 г. торгах, подрядился выполнить все работы за 1344 р. Русские мастера умели строить быстро и добротно. О темпах строительства дают представление сроки окончания работ: 3 августа 1748 г. состоялась церемония закладки здания, а спустя 3 месяца и 8 дней оно было завершено.



Тигли для выплавки стекла, сосуд для проведения опытов, магнит, воздушный насос XVIII в., обнаруженные при раскопках в д. Усть-Рудицы, где находилась первая в России фабрика для производства стекла.



софского познания природы», т. е. не нашла своего места в общей картине мира. Свыше двух столетий, протекших после того, как было высказано указанное беспокойство, существенно изменили картину. В первую очередь речь идет о том, что химизм предстал как определенная форма движения материи, универсальная для всего видимого мира и не сводящаяся к простым механическим взаимодействиям. Его специфика основывается на глубинных квантово-механических, электромагнитных свойствах атомных и молекулярных частиц. Химическая форма движения предстала в бесконечном многообразии своих конкретно-исторических, эволюционных форм: химизм межзвездного пространства, звезд, пылевых облаков, комет изучается космохимией; развилась химия планет, включающая геохимию; огромны успехи науки в познании химии живого — молекулярной биологии, биохимии, палеобиохимии; биогеохимия, генетическая минералогия, гидрохимия, химия почв, химия атмосферы и океана — таков лишь краткий перечень современных разделов химического знания, изучающего процессы химического развития в природе.

Особую, принципиально важную роль занимает сейчас химическая технология, создающая новые материалы, трансформирующая естественные природные процессы с интенсивностью, превосходящей возможности самой природы. Техногенная эволюция обогнала естественную. Правда, не всегда во имя блага и блаженства людей, как надеялся в свое время Ломоносов, который видел в изобретении пороха средство более гуманного ведения войн. Жизнь и история показали, что химия не только вносит свой вклад в мировоззрение, но и испытывает на себе влияние различных мировоззренческих концепций. И если общество отравлено ядом социальных антагонизмов, то химик начинает синтезировать табуны и зарин, бинарный газ и напалм; и если общество стихийно строит свои отношения с природой, то химическое производство отравляет водоемы, почву и атмосферу, превращает в пустыню обширные пространства Земли, вредит здоровью людей. Все это порождает социальные тенденции в химической науке, поскольку химическое производство воздействует на глобальную экологию, на самого человека, таит в себе опасности антигуманного применения достижений химии. Отсюда — необходимость планомерного и разумного

использования данных химии в интересах всего человечества.

Великой заслугой Ломоносова является формирование основ физической химии как науки. В работе «Введение в истинную физическую химию» он пишет: «Физическая химия есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях. Она может быть названа также химической философией, но в совершенно другом смысле, чем та мистическая философия, где не только скрыты объяснения, но и самые операции производятся тайным образом»<sup>22</sup>. Следует подчеркнуть, что, отдавая весьма внешнюю дань господствовавшим в России XVIII в. религиозным представлениям, Ломоносов решительно отвергал любые попытки обсуждать научные проблемы с позиций религиозных догм и верований, буквально издеваясь над богословами. Его взгляды близки к деизму, что было прогрессивным для своего времени.

В трудах Ломоносова фактически развито атомно-молекулярное учение о строении материи, которое предполагает существование химически неделимых частиц и построенных из них более сложных корпускул. Ломоносову принадлежит идея химического индивидуума. Эта идея лежит в основе понимания более сложных систем: растворов, сплавов, а также агрегатных состояний веществ. Ломоносову было ясно, что лучшие микроскопы не помогут разглядеть мельчайшие частицы веществ и характер их организации; решение этой задачи под силу лишь химии, что отрицали многие исследователи еще в конце прошлого века. Он писал: «...химия показывает только материи, из которых состоят смешанные тела, а не каждую частицу особливо. На сие отвечаю, что подлинно по сие время острое исследованией око толь далече во внутренности тел не могло проникнуть. Но ежели когда-нибудь сие таинство откроется, то подлинно химия тому первая предводительница будет, первая откроет завесу внутреннейшего сего святилища природы»<sup>23</sup>. Так, собственно говоря, и произошло в истории науки: теория химического строения родилась из чисто химических представлений. В наши дни понятие химического строения приобрело качественное развитие; оно превратилось в учение

<sup>22</sup> Там же. С. 483.

<sup>23</sup> Там же. С. 353.

о физико-химической организации материи, которое включает представление о структурных уровнях (атомы, молекулы, макромолекулы, межмолекулярные агрегаты, мицеллы, коллоидные частицы и т. п.), о способах организации пространства по принципам линейной, двумерной и объемной упорядоченности, наконец, о последовательности процессов во времени. Физико-химическая упорядоченность ныне лежит в основе построения многих макротел: композитных материалов, пленок, мембран, кристаллов с переменной структурой.

Идея химического конструирования в те далекие годы не могла быть осуществлена на молекулярном уровне; Ломоносов реализовал ее в макромасштабе — создавая мозаики из синтетически расцвеченных стекол.

Следует подчеркнуть, что Ломоносов был одним из первых академических ученых, лично внедрявших в практику химической технологии результаты своих исследований. Он разработал рецептуру цветных стекол, изобрел фарфоровую массу, занимался анализом руд, солей, биологических продуктов.

Физическая химия Ломоносова исходила из представления о единстве форм движения материи. Опровергнув мнение «славного Роберта Бойля», Ломоносов обосновал закон сохранения материи и движения. Обращаясь к Леонарду Эйлеру, Ломоносов писал в 1748 г.: «Но все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется к какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько отнимаю у бодрствования, и т. д. Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им движущему»<sup>24</sup>. Характерен вывод Ломоносова о том, что без «выведывания внутреннего строения тел», без химии закрыт доступ к пониманию истинной природы электричества. Последующая история науки вскрыла тесную связь химизма и электричества, привела к развитию представлений об электронной природе химической связи, обогатила понимание природы и свойств электрона. В трубке Крукса электрон

выглядит намного беднее и примитивнее, чем в органической молекуле с ее электронными перекрываниями и сдвигами, орбиталями, спиновыми характеристиками.

Ломоносов более чем на столетие опередил развитие взглядов в области механической теории тепла, кинетической теории газов. При этом он отверг распространенные в XVIII в. представления о многих невесомых жидкостях, ответственных за то или иное свойство материи, в первую очередь учения о звуководе, теплороде и в существенной, хотя и не полной степени, — о флогистоне. Последний чаще всего применялся при объяснении химических процессов жизни.

Устремленность Ломоносова к физическим методам обусловила широкое применение им измерительных приборов и физических воздействий при исследовании вещества. Он измерял температурные воздействия, тепловые эффекты, давление газов, объемы веществ, блеск, цветовые характеристики. Многое совершалось на наивном уровне, но в принципе указывало на направление развития химической науки, которое ныне восторжествовало: от калориметров до фотометров, ЭПР-, ЯМР-спектроскопии, рентгеноструктурного анализа и нейтронографии. Ломоносов верно чувствовал тенденции научного исследования, методов познания в химии.

Когда восторгаются гением, опередившим свое время, то всегда существует опасность представить его как аномалию, как чудо и исключение, а его взгляды — как озарение и откровение, не имеющее почвы и недоступное другим. Но это не так. Чудес не бывает. Подобно тому как возможность появления Ломоносова была заключена в потребностях государственного, экономического и культурного развития России, так и его научные концепции были лишь последовательным развитием идеи, которая витала в сознании многих его современников, но не была в полной мере взята на вооружение как инструмент научного познания. Вот эта идея: в мире нет ничего, кроме движущейся материи; материя может лишь изменить форму своего движения; задача науки — познать законы смены и взаимодействия этих форм. А это — основной принцип неистребимого естественно-научного материализма. Приверженность ему открыла Ломоносову путь к широким обобщениям и прогнозам в науке, к смелой постановке перспективных задач, к беспрецедентному синтезу знаний.

<sup>24</sup> Там же. С. 183.

## Наш первый университет

А. А. Логунов



Анатолий Алексеевич Логунов, академик, вице-президент АН СССР, ректор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Специалист в области квантовой теории поля и физики элементарных частиц. Основные научные интересы связаны с разработкой релятивистской теории тяготения. Автор монографий: Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля (в соавторстве с Н. Н. Боголюбовым и И. Т. Тодоровым). М., 1969; Основы релятивистской теории гравитации (в соавторстве с М. А. Мествиришвили) М., 1985; К работам Анри Пуанкаре «О динамике электрона». М., 1984; Лекции по теории относительности и гравитации, М., 1985. Лауреат Ленинской премии (1967), Государственной премии СССР (1973). Герой Социалистического Труда.

С именем великого русского ученого Михаила Васильевича Ломоносова связаны становление и первые этапы развития отечественной науки. История знала немного людей такого же многогранного таланта, такой же яркой и прекрасной научной судьбы, такой разносторонней и неповторимой деятельности.

Приумножение могущества и славы России, увеличение ее интеллектуального и культурного потенциала всегда было центром забот и стремлений Ломоносова. Его серьезно беспокоило то, что российское образование отличалось необычайной отсталостью, талантливые выходцы из народа не могли найти путь к знаниям. С болью говорил великий ученый о том, что в России «нет природных Россиян, ни Докторов, ни Аптекарей, да и Лекарей мало, также Механиков, искусных горных людей, Адвокатов, ученых»<sup>1</sup>.

Ломоносов выступал за создание и развитие широкой и общедоступной системы образования в России, считая существующее положение совершенно нетерпимым. Он добивался, чтобы науки в стране были распространены как можно шире, «ибо, что их благороднее, что полез-

нее, что увеселительнее и что бесспорнее их в делах человеческих найдено быть может?»<sup>2</sup>.

Основоположник отечественной науки, всей системы образования и просвещения, чуждый национальной ограниченности, питавший сам и воспитавший у учеников уважение и любовь к истинной науке, не только русской, но и зарубежной, он больше чем кто-либо другой сделал для создания университетов и гимназий «в которых бы всякого звания люди обучаться могли». Именно то обстоятельство, что в основу первоначальной организации Московского университета, проект которого был утвержден в начале 1755 г., были положены глубокие идеи Ломоносова, определило успех его работы в первые десятилетия существования.

В проекте Ломоносова первый пункт содержит требование широкого и твердого плана. «Главное мое основание... чтобы план Университета служил во все будущие роды. Того ради, несмотря на то, что у нас ныне нет довольства людей ученых, положить в плане профессоров и жалованных студентов довольное число»<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.: Л., 1950—1959. Т. 8. С. 678.

<sup>3</sup> Цит. по: Ламанский В. И. Ломоносов и Петербургская Академия наук. С. 69.

<sup>1</sup> Цит. по: Ламанский В. И. Ломоносов и Петербургская Академия наук. М., 1865. С. 54.

Проект учитывал насущные потребности страны в специалистах с широкой общеобразовательной подготовкой и умением работать в разнообразных хозяйствах, научных и культурных областях. Самое активное и живое участие принял Ломоносов в выработке университетского устава.

Благодаря неутомимой энергии и настойчивости Ломоносова, его замыслы и требования были выполнены, и Московский университет был построен с такой широтой, которая позволила ему просуществовать без изменений полвека. Будучи торжественно открыт 26 апреля (7 мая) 1755 г., в здании «Главной аптеки» на Красной площади, на том месте, где теперь находится Исторический музей, уже через три года университет смог послать первых воспитанников за границу. Там они получили докторские степени в самых лучших из тогдашних университетов, их диссертации были признаны блестящими, и в 1765 г. они вернулись в родной Московский университет, чтобы заняться здесь преподаванием.

По замыслу Ломоносова в Московском университете было создано три факультета — юридический, философский и медицинский. В противоположность тому, что было нормой для заграничных университетов, не было создано богословского факультета, более того, богословие даже не преподавалось. Обосновывая это прогрессивное новшество, Ломоносов в «Проекте об учреждении Московского университета» отмечал, что «попечение о богословии справедливо оставляется Святейшему Синоду»<sup>4</sup>.

Философский факультет включал в себя по существу два факультета: физико-математический и историко-филологический. Следует подчеркнуть, что развитию физики и химии, их преподаванию в новом университете Ломоносов придавал особенно большое значение. По проекту Ломоносова уже при самом основании Московского университета был создан прекрасный физический кабинет. Его и библиотеку показывали в первую очередь почетным посетителям, ими гордилось университетское начальство. Уже тогда Ломоносов считал необходимым обучать студентов физической химии, хотя в то время эта наука как самостоятельный предмет еще нигде не преподавалась.

Одновременно с основанием Московского университета по настоянию выдающегося ученого-энциклопедиста при университете специально была создана гимназия, ибо без нее, по словам Ломоносова, «Университет как пашня без семян»<sup>5</sup>.

Гимназия при Московском университете сыграла положительную роль в деле отечественного просвещения. Многие из ее воспитанников, даже не учившиеся потом в университете, принесли большую пользу развитию русской культуры и науки.

В те времена во всех иностранных университетах преподавание вели на классическом языке средневековой науки — латинском. Ломоносов настоял на том, чтобы в Московском университете лекции читались по-русски. Он всю жизнь трудился над созданием русской научной терминологии. Многие из введенных Ломоносовым терминов сохранились и до наших дней.

Эти же идеи отстаивали и его ученики. Первый русский профессор Московского университета Н. Н. Поповский в своей программной вступительной лекции заявил: «Нет такой мысли, кою бы на российском языке изъяснить было невозможно»<sup>6</sup>. Ученики Ломоносова Н. Н. Поповский и А. А. Барсов ввели в университете изучение русской литературы. Не случайно Д. И. Фонвизин вспоминал впоследствии, что он получил вкус к литературе именно в Московском университете. Ломоносов сумел добиться права для поступления в Московский университет для всех сословий — огромной заслугой ученого было то, что он всегда выступал за общедоступность образования. Обосновывая такой подход в 1755 г. в записке «О необходимости преобразования академии», он писал: «В Университете студент тот почтеннее, кто больше научился, а чей он сын, в том нет нужды»<sup>7</sup>. Среди первых студентов университета не было ни одного дворянина, преобладали разночинцы.

В 1756 г., через год после открытия университета, при нем были созданы издательство и типография. Типография начала свою деятельность изданием сочинений Ломоносова. Она выпускала труды университетских профессоров, учебники, исторические документы и памятники.

<sup>5</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 10. С. 514.

<sup>6</sup> Ежемесячные сочинения. СПб, 1755, август. С. 172.

<sup>7</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 10. С. 55.

<sup>4</sup> Проект об учреждении Московского университета // Белявский М. Т. М. В. Ломоносов и основание Московского университета. Приложение. М., 1955. С. 278.

Идея Ломоносова об активном использовании и развитии действенных методов обучения получила положительный отклик в деятельности Московского университета — здесь широко проводились диспуты, обсуждения и практические занятия.

В 1755 г. Ломоносов предлагал «студентам на каждый месяц иметь публичный диспут»<sup>8</sup>. Об этом же говорилось в черновике написанного им в 1759 г. университетского регламента<sup>9</sup>, а также в определении от 14 (25) февраля 1760 г. о преобразовании университета.

Суть процедуры университетского диспута была раскрыта в пункте 14 «Проекта об учреждении Московского университета», где написано: «Перед наступлением каждой вакации иметь публичные диспуты, приглася к оным всех любителей наук, причем одному из студентов до начатия диспута говорить краткую латинскую, а другому по окончании оных на русском языке речь, выбрав к тому удобную материя»<sup>10</sup>.

В организации учебного процесса Ломоносов требовал сочетания теоретического и практического обучения, наглядности. В «Проекте об учреждении Московского университета» указывалось, например, что профессор физики «обучать должен физике экспериментальной и теоретической», профессор естествознания «на лекциях показывать должен разные роды минералов, трав и животных», профессор анатомии «обучать должен и показывать практику строения тела человеческого на анатомическом театре и приучать студентов к медицинской практике»<sup>11</sup>.

Чтобы лучше сочетать хорошее общее образование и глубокие специальные знания и обеспечить высокий уровень университетской подготовки, Ломоносов в дополнение к положениям об университетском регламенте развил идею о трехступенчатом образовании.

На первой ступени «студенты ходят на все лекции, для того чтобы иметь понятие о всех науках и чтобы всяк мог видеть, к какой то науке больше способен и охоту имеет». На второй ступени «студенты должны ходить на лекции только того класса, в котором их наука». Наконец, на третьей ступени занимаются те, которые определены уже к одному

профессору и упражняются в одной науке»<sup>12</sup>.

Следуя идеям своего основателя, Московский университет вот уже более 230 лет с честью и достоинством служит отечеству, приумножая интеллектуальные богатства народа, внося творческий вклад в сокровищницу мировой научной мысли.

Исключительно яркая история Московского университета, его судьба неотделимы от истории страны.

Московский университет играл выдающуюся роль в становлении и развитии русской национальной культуры и науки, в деле просвещения, в развитии революционного движения и освободительной борьбы народа, в упрочении союза науки и демократии, в формировании передовой отечественной интеллигенции, а после Великого Октября — в научной, общественной и культурной жизни Советской страны.

Именно в Московском университете получили образование и воспитание целая замечательная плеяда деятелей науки, литературы и искусства, прославившие свою Родину и народ выдающимися достижениями.

Было бы трудно здесь перечислить всех поименно, но невозможно не назвать великих русских ученых И. М. Сеченова, П. Л. Чебышева, К. Д. Ушинского, Н. И. Пирогова, А. Г. Столетова, С. А. Чаплыгина, декабристов и революционных демократов И. Д. Якушкина, Н. М. Муравьева, П. Г. Каховского, В. Г. Белинского, А. И. Герцена, Н. П. Огарева, выдающихся деятелей партии В. В. Воровского, И. И. Скворцова-Степанова, В. К. Курнатовского, Н. А. Семашко, русских писателей и поэтов Д. И. Фонвизина, В. А. Жуковского, А. С. Грибоедова, И. С. Тургенева, М. Ю. Лермонтова, Ф. И. Тютчева, А. Н. Островского, А. А. Фета, И. А. Гончарова, А. Ф. Писемского, А. П. Чехова, В. Я. Брюсова, Д. А. Фурманова, деятелей искусства и культуры В. И. Баженова, Л. В. Собинова, В. И. Немировича-Данченко, Е. Б. Вахтангова.

После Великого Октября университет активно включается в созидание нового общества. На всех этапах развития Страны Советов он занимает ведущее место в научной, общественной и культурной жизни, живет одним дыханием с народом, с его созидательным трудом. В это время для Московского универси-

<sup>8</sup> Там же. С. 395.

<sup>9</sup> Там же. Т. 9. С. 538.

<sup>10</sup> Проект об учреждении Московского университета. С. 280.

<sup>11</sup> Там же.

<sup>12</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 9. С. 441.

тета начался период бурного роста и обновления, мощного развития педагогической и научной деятельности.

Поистине огромен и уникален учебно-научный потенциал современного Московского университета по сравнению с первыми годами его существования. Если при Ломоносове имелось 3 факультета и чуть больше 30 студентов, то сейчас МГУ — один из крупнейших и известных университетов мира. В его составе 17 факультетов и два учебных института, 280 кафедр и несколько научно-исследовательских институтов, вычислительный центр, астрономические обсерватории, сотни научных и учебных лабораторий.

Сегодня аудитории и кабинеты университета оснащены современным учебным и научным оборудованием, вычислительной техникой.

В наши дни нашла полное воплощение мечта Ломоносова о «довольном числе» студентов и профессоров в университете. Теперь трудно найти актуальную для 80-х годов двадцатого столетия отрасль фундаментальной науки, которая не была бы представлена в МГУ, по которой бы на его факультетах не работали ученые и не готовились кадры.

В аудиториях, кабинетах, лабораториях университета сегодня обучается около 28 тыс. советских и иностранных студентов. Это дети рабочих, крестьян, интеллигенции; они представляют более 70 наций и народностей нашей страны, около 100 государств пяти континентов планеты.

С университетским студенчеством работают лучшие ученые страны, передающие своим воспитанникам глубокие и разносторонние знания, результаты самых новейших исследований, коммунистическую убежденность, веру в великую силу и замечательное коммунистическое будущее Родины.

Сейчас во взлелеянном Ломоносовым Московском университете трудится свыше 1000 профессоров и докторов наук, около 5 тыс. доцентов и кандидатов наук. В составе профессоров МГУ 130 академиков и членов-корреспондентов АН СССР. Как никогда крепки связи университета с Академией наук СССР, отраслевыми и республиканскими академиями.

Замысел Ломоносова об органическом сочетании доуниверситетской формы обучения с собственно университетской подготовкой в наши дни нашел новое яркое подтверждение и воплотился в работе школы-интерната физико-математического профиля при МГУ, подготовитель-

ного отделения и подготовительных курсов, заочной физико-математической школы. В них расширяют общеобразовательный и культурный кругозор, получают знания более 30 тыс. человек.

Сегодня в Московском университете все больше развиваются различные формы послеевропейского обучения. Так, например, университетская аспирантура является крупнейшей в стране. В ней готовят кандидатские диссертации 5,5 тыс. аспирантов и соискателей. Значительная часть аспирантов обучается по целевым назначениям для вузов и научных учреждений Дальнего Востока, Сибири, Севера, Средней Азии.

Прискорбное внимание уделяется в университете переподготовке и повышению квалификации преподавателей высшей школы, других специалистов с высшим образованием. Ведущими в стране стали факультет и Институт повышения квалификации, где ежегодно проходят обучение свыше 4 тыс. преподавателей высших учебных заведений нашей страны и ряда зарубежных государств.

Курсы учителей сельских школ, курсы повышения квалификации научных работников сельскохозяйственных научно-исследовательских учреждений, курсы повышения квалификации руководителей работников геологических организаций, международные курсы по демографии и гидрологии, курсы повышения квалификации зарубежных преподавателей русского языка — вот далеко не полный перечень курсов при Московском университете.

Выполняя установки XXVII съезда КПСС о дальнейшем улучшении качества подготовки специалистов, Московский университет постоянно совершенствует содержание и формы учебно-воспитательной работы. При этом широко используются такие традиции и принципы, как творческое изучение фундаментальных наук, формирование профессиональных качеств специалистов университетского профиля, формирование передового научного мировоззрения, высоких идейно-политических качеств.

В учебном процессе все большую роль играет творческое начало, увеличивается время для самостоятельной работы.

Ученые МГУ постоянно включают в лекционные курсы новые научные идеи, самые последние результаты научных исследований, т. е. следуют хорошо зарекомендовавшему себя принципу органического единства учебной, научной и



**Аудиторный корпус Московского университета на Моховой (ныне пр. Маркса, 20). Построен в 1835 г. (архитектор Е. Д. Тюрин). Перестроен в 1904 г. (архитектор К. М. Быковский). Перед зданием — памятник Ломоносову работы И. И. Козловского, установленный в 1957 г.**



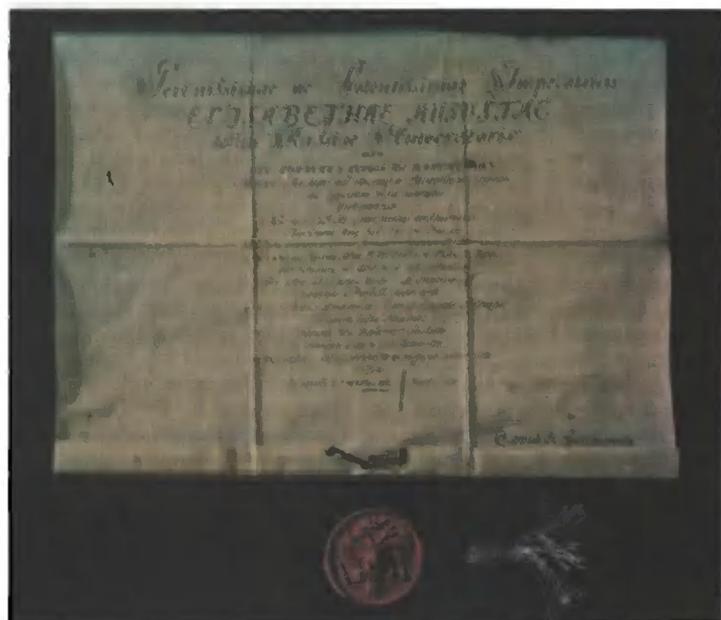
**Утвердительная грамота Московского университета. Утверждена вместе с университетским уставом в 1804 г. Одна из немногих реликвий, избежавших судьбы прочих архивных документов университета, сгоревших в 1812 г. Музей книги МГУ.**



Мемориальная доска на доме №7 по ул. 25 Октября в Москве. На этом месте находилось здание Славяно-Греко-Латинской академии, где Ломоносов учился с 1731 по 1735 г.



Бюст Ломоносова работы Ф. И. Шубина. Копия с оригинала 1792 г.



Диплом Ломоносова на звание профессора химии.

воспитательной работы. По самой новейшей научной проблематике читаются специальные курсы — ежегодно в расписание занятий включается более 2 тыс. таких спецкурсов и спецсеминаров.

Студенты Московского университета широко привлекаются к научной работе, которая ведется на кафедрах, в лабораториях и в НИИ. Интересно проходят ставшие традиционными для университета Дни научного творчества студентов, конкурсы на лучшее студенческое исследование, олимпиада «Студент и научно-технический прогресс». Наиболее значительные студенческие работы регулярно отмечаются медалями и дипломами Министерства высшего и среднего специального образования СССР, Всесоюзного студенческого научно-технического общества и Академии наук СССР. Только в 1985 г. было получено 28 таких наград.

Активно участвуют студенты МГУ в работе по охране и рациональному использованию природы. В нынешнем году университетские дружины и группы по охране природы отметили свой 25-летний юбилей. Успешно осуществляются межкафедральские студенческие комплексные программы «Фауна», «Выстрел», «Ель», «Хозяин», «Рекреация».

Большую помощь студентам в учебной и научной работе оказывает университетская научная библиотека, крупнейшая вузовская библиотека страны (и Европы). Созданная по замыслу Ломоносова, она теперь насчитывает более 7,6 млн различных изданий.

Следуя принципам, которые были положены Ломоносовым при основании университета, ученые МГУ ведут работу на самых передовых рубежах научного поиска. Они образуют мощный отряд вузовской науки в стране. Здесь следует отметить, что достижения ученых университета, их поиски самым непосредственным образом связаны с производством. Ежегодно в народное хозяйство страны внедряются около 300 исследовательских работ ученых МГУ, экономический эффект от их внедрения составляет несколько десятков миллионов рублей.

В закончившейся одиннадцатой пятилетке университет выступал соисполнителем 22 целевых комплексных научно-технических программ и 30 программ по решению важнейших научно-технических проблем, утвержденных постановлениями Госплана СССР, ГКНТ и АН СССР. В рамках этих программ выполнялось более 460 крупных научных заданий, из которых по

43 МГУ являлся головной организацией и по 29 — единственным исполнителем. Перечень важнейших научных работ будет неполным, если не упомянуть еще, что ученые университета принимали участие в реализации 17 координационных планов по отдельным постановлениям ГКНТ, более 40 программ и проблемных планов отраслевых министерств и ведомств, 39 координационных планов АН СССР по 132 проблемам, а также 11 межвузовских целевых программ и 22 координационных планов научных исследований Минвуза СССР.

В ходе реализации договоров о социалистическом содружестве университетских подразделений с предприятиями и учреждениями на ЗИЛе, например, с помощью МГУ создана лаборатория лазерной и электронно-лучевой обработки металлов. Интенсивно велись по хозяйственным договорам работы, связанные с заказами строителей Байкало-Амурской магистрали и освоением ее территории, с разработкой плана социального развития Москвы и т. д.

Важным стимулом для дальнейшего развития научно-исследовательской работы и совершенствования ее организации стали решения XXVII съезда КПСС, направленные на повышение эффективности научно-исследовательской работы в высших учебных заведениях, на их приближение к требованиям жизни. Новые большие задачи поставлены перед университетом «Основными направлениями перестройки высшего и среднего специального образования в стране». «Аккумулируя новейшие направления научных знаний, университеты обязаны все в большей степени укреплять научно-технический потенциал страны, влиять на ускорение социально-экономического развития соответствующих регионов, становиться подлинными центрами науки, культуры и коммунистического воспитания», — говорится в проекте этого важного документа<sup>13</sup>. При разработке плана реализации этих задач были определены важнейшие проблемы с целью концентрации средств и ресурсов университета на самых магистральных направлениях науки.

Постоянно увеличивается вклад МГУ в выполнение Продовольственной, Энергетической и ряда других общесоюзных комплексных программ. Например, в плане реализации Продовольственной программы в МГУ сейчас ведутся исследования по 200 темам и участвуют в них более 150 докторов и 500 кандидатов наук.

Ломоносов был основателем первых

<sup>13</sup> Правда, 1986. 1 июня.

отечественных научных школ, которые прославили нашу Родину яркими исследованиями и открытиями. И сейчас научные достижения МГУ особенно велики именно в тех отраслях знания, где сложились, работают и развиваются крупные научные школы. С их деятельностью связаны имена наиболее известных университетских ученых, ставших гордостью всего нашего народа. Среди них нельзя не назвать И. М. Сеченова и К. А. Тимирязева, Н. И. Пирогова и А. Г. Столетова, С. М. Соловьева и В. О. Ключевского, Н. А. Умова и П. Н. Лебедева, Ф. А. Бредихина и П. Л. Чебышева, Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина, В. И. Вернадского и Л. И. Мандельштама, Д. Н. Прянишникова и Н. Д. Зелинского, С. И. Вавилова и М. В. Келдыша, И. Е. Тамма и А. П. Виноградова, И. Г. Петровского и А. Н. Несмеянова, А. Н. Белозерского, Р. В. Хохлова, Д. И. Блохинцева и многих других.

Всемирную известность имеет научная школа математиков Московского университета. Большой вклад внесен университетскими математиками в развитие теории вероятностей, топологии, теории множеств и теории функций, в теорию алгебраических кривых и абелевых многообразий, в разработку вопросов современной геометрии, в решение многих других фундаментальных проблем математики.

Выдающимися достижениями отмечена деятельность научной школы физиков Московского университета в области физики атомного ядра и элементарных частиц, в развитии теории твердого тела, теории сверхтекучести и сверхпроводимости, в исследовании внешних радиационных поясов Земли и Луны, в разработке фундаментальных проблем физики высоких энергий, квантовой теории, нелинейной оптики, прикладной физики и многих других основополагающих разделов физической науки.

Славные имена представляют университетскую научную школу химии, которая внесла большой вклад в развитие органической химии, химии высокомолекулярных соединений, свойств и особенностей цепных реакций.

Отечественную историческую науку нельзя представить без фундаментальных работ университетской исторической школы, которая приняла самое деятельное участие в создании научной картины развития нашей страны и многих народов мира.

Значительные традиции имеют университетские научные школы, работающие

в фундаментальных областях механики, биологии, геологии, вычислительной математики, кибернетики и во многих других сферах. Специалисты гуманитарных факультетов разрабатывают проблемы истории КПСС, развития международных отношений, закономерностей совершенствования социализма, фундаментальные проблемы филологии (прежде всего русского языка), журналистики, права, психологии.

Результаты крупнейших научных работ, выполненных в МГУ, признаны открытиями и внесены в Государственный реестр открытий СССР. Сейчас таких работ 34. Это десятая часть всех зарегистрированных открытий в стране. Высокой оценкой исследований университетских ученых является присуждение им высших научных премий. За прошедшую пятилетку ученые МГУ удостоены 8 Ленинских премий и 37 Государственных премий СССР. Большая группа исследователей с гордостью носит звание Лауреатов премии имени М. В. Ломоносова. Эти премии учреждены постановлением СНК СССР от 29 мая 1944 г.

Задачи, выдвинутые перед советской наукой на XXVII съезде КПСС, стали для ученых МГУ новыми яркими определяющими ориентирами.

Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев в Политическом докладе ЦК КПСС XXVII съезду подчеркнул, что «более эффективно нужно использовать и научный потенциал вузов. Здесь сосредоточено свыше 35 % научно-педагогических работников страны, в том числе около половины докторов наук, а выполняется ими не более 10 % научных исследований. Соответствующие ведомства должны разработать и внести предложения по укреплению связей вузовской науки с производством. В них следует учесть и интересы подготовки научной смены. Как не может быть живого леса без подлеска, так и подлинный ученый немислим без учеников. Речь идет о будущем науки, а значит и нашей страны. С первых лет обучения студенты должны втягиваться в исследовательскую работу, участвовать во внедрении ее результатов в производство. Только так можно воспитать настоящих ученых, творчески думающих специалистов»<sup>14</sup>.

Эти задачи призван прежде всего выполнять Московский университет.

<sup>14</sup> Горбачев М. С. Политический доклад Центрального комитета КПСС XXVII съезду Коммунистической партии Советского Союза. М., 1986. С. 35—36.

На пути их решения стоит еще ряд объективных трудностей, в частности нехватка новейших приборов и оборудования для исследований. Еще во времена Ломоносова основное внимание уделялось тем научным исследованиям, которые проводились на новейшем оборудовании, — исследованиям, где была обеспечена необходимая чистота, строгость и точность эксперимента. Ломоносов в свое время приложил массу энергии для обеспечения лабораторий только что созданного университета самыми современными для того времени приборами.

Сегодня, в конце XX в., во время стремительного развития научно-технической революции тем более невозможно достичь движения современной науки вперед без самых новейших и точных приборов.

Безусловно, гигантские ускорители элементарных частиц, технические средства космических исследований, современное оборудование физических, химических, биологических лабораторий требуют больших вложений. И наша страна идет на эти затраты. Без этой техники, без современной технологии, без концентрации усилий больших научных коллективов, в том числе и такого масштаба, как Московский университет, на решение фундаментальных задач, в настоящее время вообще невозможно получение глубоких научных результатов.

Следуя заветам Ломоносова, Московский университет проявляет постоянную заботу не просто о глубокой профессиональной подготовке, но разностороннем воспитании, гармоничном развитии каждого своего питомца. Главное в этой работе — воспитание в духе высокой идейности и преданности коммунизму, в духе советского патриотизма и социалистического интернационализма, сознательного творческого отношения к труду.

В новой редакции Программы КПСС подчеркнуто, что «каждый коммунист обязан быть образцом в труде и поведении, в общественной и личной жизни». Поэтому сегодня особенно ярко должна проявляться авангардная роль работающего в вузе коммуниста. Такой человек немислим без высоких профессиональных качеств, без истинно творческого участия в развитии науки, без активной деятельности в общественной жизни.

Задача педагога, а тем более коммуниста, — найти индивидуальный подход к студенту, понять его, раскрыть его талант. Ведь талант иногда бывает робок — значит, надо его заметить и помочь ему сфор-

мироваться и вырасти. Это, конечно, непростая, но наша главная задача, поскольку именно она обеспечивает будущее. Она смыкается и с другой: с умением видеть и поддерживать прогрессивные научные идеи, все новое, передовое, рождающееся в науке, в преподавании, в общественной жизни страны.

В воспитании студентов и аспирантов широко используются наши университетские традиции, пример и опыт лучших выпускников. И здесь, как и во многих других сферах деятельности, особую значимость имеет все, что связано с именем Ломоносова. Он для нас не просто основатель университета, не просто внесший в мировую казну вклад подлинно исторического масштаба великий ученый, чьи замечательные труды намного опередили свое время.

Ломоносов для нас еще и человек, на чьем примере мы учим и воспитываем университетскую молодежь. Его преданность Родине, его вера в силы и замечательное будущее русского народа, его самоотверженность и влюбленность в науку, его величайшее трудолюбие, стремление к самостоятельному творческому поиску, многосторонность развития — великолепный пример для наших современников.

Приняв главное, решающее участие в создании Московского университета в 1755 г., Ломоносов все последующие годы своей жизни проявлял самый горячий интерес к своему детищу, неустанно заботился о его становлении и развитии. Он помогал комплектовать преподавательский состав университета, подыскивал недостающих профессоров среди своих учеников и даже в Германии, хлопотал об университетской привилегии, надеясь, что это косвенно послужит на пользу Московского университета.

\*

Отмечая столетие со дня смерти Ломоносова в 1865 г., Московский университет подготовил и опубликовал книгу, в которой были собраны статьи об основном вкладе ученого в развитие ряда фундаментальных наук.

В 1876 г. перед Аудиторным корпусом Московского университета был установлен бюст Ломоносова работы скульптора С. И. Иванова. Он был сооружен на средства, собранные по инициативе профессоров и студентов университета. Бюст серьезно пострадал от фашистской бомбы в октябре 1941 г.



Здание Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова на Ленинских горах. Построено в 1949—1953 гг. (архитекторы Л. В. Руднев, С. Е. Чернышев, П. В. Абросимов, А. Ф. Хряков, инженер В. Н. Насонов).

В 1911 г. университет выпустил большой научный сборник, подготовленный к 200-летию со дня рождения Ломоносова.

После Великой Октябрьской социалистической революции ломоносовские идеи и традиции органично и прочно вошли во всю университетскую жизнь.

7 мая 1940 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР Московскому университету было присвоено имя его основателя. В университете стали ежегодно проводиться Ломоносовские чтения. Перед зданиями университета в центре Москвы и на Ленинских горах были установлены

монументальные памятники великому ученому. Регулярно публикуются научные исследования, посвященные его жизни и деятельности, его подвигу во славу русской науки.

Широко отмечается в Московском университете 275-летие со дня рождения Ломоносова. К торжественному юбилею приурочены научные конференции, спецкурсы и спецсеминары, выпуски новых статей и монографий.

Горячо воодушевленный решениями XXVII съезда КПСС коллектив университета, с гордостью носящий имя великого русского ученого, совершенствует учебную, научную, воспитательную деятельность, приумножает свой вклад в решение задач совершенствования социализма и движения к коммунизму.

## «Извлечь вещи из темноты»

М. М. Мирошников



Михаил Михайлович Мирошников, член-корреспондент АН СССР, директор Государственного оптического института им. С. И. Вавилова. Основные научные интересы относятся к физической оптике, информатике, оптико-электронному приборостроению. Автор ряда книг, в том числе: Теоретические основы оптико-электронных приборов. Л., 1983. Лауреат Ленинской премии. Герой Социалистического Труда.

Прикосновение к имени и трудам выдающегося сына России — первого русского академика Михаила Васильевича Ломоносова — необычайно почетно и ответственно. На многих языках во всем мире выходят работы, посвященные этому великому ученому и патриоту. Деятельность Ломоносова оказала огромное влияние на развитие всей русской культуры. Прогрессивное значение его гения признавалось еще в дореволюционное время: о нем с восторгом отзывались Радищев и Пушкин, Добролюбов и Чернышевский, Герцен и Плеханов, а также другие наши крупнейшие писатели и общественные деятели. «Ломоносов был великий человек, — писал Пушкин. — Он создал первый университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом»<sup>1</sup>.

Однако до Великой Октябрьской социалистической революции Ломоносов оставался широко известен главным образом как поэт и автор работ в области гуманитарных наук. Лишь исследования профессора Петербургского политехнического института Б. Н. Меншуткина, начатые в предреволюционные годы, сде-

дали общепризнанным значение вклада Ломоносова в мировую химию, доказав, в частности, что он задолго до А. Лавуазье применил в химии закон сохранения вещества. Последующие работы Б. Н. Меншуткина, П. И. Вальдена, В. Л. Комарова и особенно С. И. Вавилова позволили понять, насколько обширны области науки, техники и культуры, в которых Ломоносов проявил себя не только знатком, но и новатором, далеко опередившим свое время и своих современников.

Жизнь Ломоносова продолжает ставить перед исследователями сложные вопросы. Не все прежние ответы на них представляются достаточными и очевидными в настоящее время в связи с развитием наших знаний законов природы и истории человечества. Однако некоторые из наиболее общих принципиальных положений, высказанных в работах Б. Н. Меншуткина, С. И. Вавилова, П. Л. Капицы и ряда других известных советских ученых, сохраняют и сегодня важное значение.

Вот, например, как объясняет Вавилов причину появления научного гения в нашей стране, известной шедеврами своего древнего искусства и разнообразными талантами народа, только в XVIII в.: «Есть одно обстоятельство, в корне отличающее развитие науки от развития

<sup>1</sup> Пушкин А. С. Полн. собр. соч. Т. 7. М., 1978. С. 191.

искусства в любых его проявлениях. Для роста науки как воздуха необходимы некоторые государственные или общественные организации — школы, академии, общества. Рассчитывать в науке на новое важное слово без школы, без истории, без предварительных знаний невозможно... Чтобы новое в науке не оставалось втуне, неизбежны научное общение, печатание книг или, по крайней мере, копирование рукописей. Так, сцепляя одно звено с другим, посредством школ и академий, последовательно и неуклонно растет наука. Государственная власть древней Руси... в очень малой степени обеспечивала коллективные условия развития науки. В скромных размерах наука существовала только в монастырях, где переводили и переписывали главным образом, церковно-богословские сочинения византийских писателей... В XVII веке Русь успешно нагоняла средневековую науку, существовавшую в Западной Европе в течение многих столетий. Причина отставания крылась, стало быть, вовсе не в отсутствии склонности в русском народе к науке; причина была в том, что до Петра I почти не было школ, и власть вместе с духовенством не поощряла стремления к науке. Как только над страной повеяло свежим воздухом через «окно», пробитое Петром в Европу, русский народ из недр своих выдвинул Ломоносова»<sup>2</sup>.

Примерно те же мысли высказывает и П. Л. Капица. Размышляя над тем, почему научная деятельность Ломоносова так долго не получала должного признания, он пишет: «...административно-чиновничий аппарат, вельможи, окружавшие Ломоносова, конечно, не могли понять значение его научных работ, и поэтому признание его работ по физике и химии только тогда стало возможным, когда у нас в стране появилась своя научная общественность... Она выросла у нас, когда для научной работы улучшились материальные условия и появилась возможность нашим крупным ученым того времени — Лебедеву, Рождественскому, Лазареву, Иоффе создать свои школы»<sup>3</sup>.

Этот вывод представляется особенно верным для Государственного оптического института (ГОИ) им. С. И. Вавилова, олицетворяющего принципами своей орга-

низации и деятельности школу создателя института и его первого директора академика Д. С. Рождественского. В ГОИ многие идеи Ломоносова расцвели на благодатной почве. Речь идет о решающей роли эксперимента в исследованиях, тесной связи науки и практики, широком спектре изучаемых физических проблем, умении изобретать и изготавливать приборы. Немаловажна и последовательность этапов работы, когда на первом этапе создавалось оптическое стекло, затем исследовались его свойства, обрабатывались оптические детали и, наконец, зарождалось оптическое приборостроение, а на этой базе (где возможно, и до нее) — теория спектров, цвета, зрения, взаимодействия света с веществом и т. д. Но ведь это же перечень интересов и исследований Ломоносова! А в то же время — история и сегодняшний день ГОИ, развитие которого, как говорил Рождественский, «почти история оптики в нашей стране»!

#### ИСТОКИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОПТИКИ

Интерес к оптике существовал у Ломоносова в течение всей жизни, а в ее последние годы он проявился особенно остро. «Стихотворство — моя утеха, физика — мои упражнения», — говорил он в своей «Грамматике». Развивая идею родства физики и химии, Ломоносов создал новую науку — физическую химию. «Химик без знания физики, — писал Ломоносов, — подобен человеку, который всего искать должен ощупом. И сии две науки так соединены между собой, что одна без другой в совершенстве быть не могут»<sup>4</sup>. Этому убеждению предшествовали не только значительные физические работы, приведшие к появлению корпускулярной теории строения вещества, но и непосредственные занятия химией в стенах созданной им первой русской Химической лаборатории. 25 июля 1745 г. (здесь и далее даты приводятся по старому стилю) специальным указом Ломоносов был назначен профессором по кафедре химии — по существу, первым профессором химии Петербургской Академии наук. Одним из начинаний нового профессора стала постройка в 1748 г. Химической лаборатории Академии на Васильевском острове. Именно здесь им ставились опыты, приведшие к созданию цветных и бесцветных

<sup>2</sup> Вавилов С. И. Ломоносов и русская наука. М., 1947. С. 5—6.

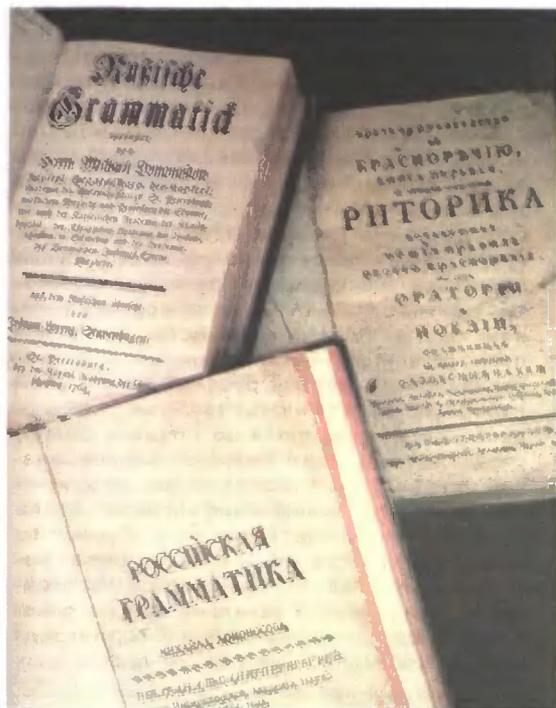
<sup>3</sup> Капица П. Л. Ломоносов и мировая наука // Усп. физ. наук. 1965. Т. 87. Вып. 1. С. 167—168.

<sup>4</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 10. С. 140.



Здания Петербургской Академии наук (1783—1787 гг.; архитектор Дж. Кваренги) и Кунсткамеры (1718—1734 гг.; архитекторы Г. И. Маттарнови, М. Г. Земцов, Н. Ф. Гербель, Г. Кваренги; перестроено в 1754—1758 гг. архитектором С. И. Чеванинским).

Титульные листы «Краткого руководства к красноречию...» (1748) и «Российской грамматики» (1753, опубл. в 1757) Ломоносова — первой научной грамматики русского языка.



Титульный лист и страница с иллюстрациями из книги Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел» (1763).



«Циркулярный зал» Музея М. В. Ломоносова (в здании бывшей Кунсткамеры).



стекло на основе целенаправленного синтеза их из специально очищенного сырья<sup>5</sup>. Лаборатория помещалась вблизи дома, где жил Ломоносов, между 1-й и 2-й линиями Васильевского острова. Она представляла собой сводчатое одноэтажное каменное строение с тремя помещениями внутри, которое, к сожалению, было разрушено после смерти Ломоносова.

В наши дни дорогое для каждого русского человека здание Химической лаборатории — первого научного учреждения в России — намечено восстановить по первоначальному проекту.

Начатое Ломоносовым в Химической лаборатории производство цветных стекол нашло свое продолжение и развитие на фабрике цветного стекла, построенной в 1754 г. в д. Усть-Рудицы по его проекту и под его руководством. По указу императрицы Елизаветы Петровны Ломоносов получил «...для работ к той фабрике ... из Коважской мызы от деревни Цишкино — 136, от деревни Калище — 29, от деревни Усть-Рудиц — 12, из мызы Горье Валдай из деревни Перекусихи и Липовой — 34, всего 211 душ со всеми к ним принадлежащими по описным книгам землями»<sup>6</sup>.

До этого крестьяне всех перечисленных деревень принадлежали дворцовому ведомству и нещадно эксплуатировались. У Ломоносова многие из них стали замечательными мастерами стекольного дела и жили в более благоприятных условиях, чем до приписки к фабрике. Между ученым, лично принимавшим участие в строительстве фабрики, и исполнителями его замыслов — крестьянами сложились совсем иные отношения, чем у помещиков с крепостными. На фабрике имелась трехколесная гидросиловая установка — водяная мельница, приводы от колес которой подводились к рабочим местам. Почти все производственные процессы на фабрике были механизированы, по технической оснащенности она входила в число лучших в мире по тому времени. Фабрика выпускала литые смальты для облицовки, прессованные — для мозаик, стеклярус, бисер, посуду и т. д. до самого закрытия в 1768 г. На месте бывшей фабрики ныне установлен обелиск.

Для сотрудников ГОИ память о работах Ломоносова по стеклу в Химической



Президент АН СССР А. П. Карпинский (в центре) и первый директор Государственного оптического института Д. С. Рождественский (справа) у образцов советского оптического стекла. 1934 г.

лаборатории и на фабрике в Усть-Рудицах особенно дорога. И не только потому, что эти места расположены вблизи территории ГОИ, но и прежде всего в связи с тем, что становление советской оптики в стенах института началось с работ Рождественского и его первых сотрудников именно по созданию технологии производства стекла, т. е. с того дела, которому Ломоносов посвятил большую часть своей жизни.

За работы в области цветных стекол в марте 1764 г. Ломоносов был избран членом Болонской Академии наук. Но наиболее значительным памятником этим работам стала созданная им грандиозная мозаичная картина «Полтавская баталия» в здании Петербургской Академии наук (ныне здание Ленинградского научного центра АН СССР).

Труды Ломоносова по технологии силикатов и стекла неразрывно связаны с историей развития оптики в нашей стране.

Современная оптика — это неисчерпаемый арсенал идей и методов познания мира, мощный инструмент освоения его богатств. Сегодня она приобретает

<sup>5</sup> См. также в этом номере: Шульц М. М. О природе стекла.

<sup>6</sup> Мешуткин Б. Н. Жизнеописание Михаила Васильевича Ломоносова. М.: Л., 1947. С. 112.

важное значение в развитии научно-технического прогресса и повышении эффективности общественного производства. Лазеры, голографические приборы, высокочувствительные фотоприемники — как далеки они, казалось бы, от того, с чем имел дело Ломоносов около 250 лет назад. Но взгляדים внимательно в основы некоторых разделов современной оптики и явственно различим в них идеи и результаты Ломоносова.

Не так уж много лет прошло с тех пор, как оптики начали широко применять металл не только для рефлекторов телескопов, но и в основных элементах лазеров, а также в некоторых других оптических системах. Между тем известно, что «ни одному естественному материалу прошлого проблема получения высококачественных металлических зеркал не была так близка, как Ломоносову<sup>7</sup>», хотя еще раньше немало труда затратил на поиски подходящего сплава для зеркала своего телескопа И. Ньютон, усердно работали над этой проблемой после Ломоносова И. П. Кулибин в России, В. Гершель в Англии и некоторые другие крупные ученые. Огромное количество сплавов испытал Ломоносов, пока не нашел лучший (две части меди и по одной — олова и цинка) и не получил по этому рецепту «доброе зеркальное металлу без ноздрей 1 пуд 13<sup>1</sup>/<sub>2</sub> фунта». Несомненно, для этого он разработал какой-то особый способ плавки, сущность которого до сих пор неизвестна. Не вспомнить ли эти и многие другие результаты Ломоносова по металлооптике? Ведь в его работах — свыше сорока рецептов составленных и опробованных им сплавов.

Однако, пожалуй, наиболее драматичные обстоятельства сопровождали исследование Ломоносова в области создания оптических приборов для наблюдения в ночных условиях — ночезрительных труб. Ценность этих исследований сохраняется и сегодня, а научная трактовка их результатов далеко не исчерпана. Остановимся подробнее на этом направлении его деятельности, исходя из современных данных и представлений.

### ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА И НАБЛЮДЕНИЕ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Способность глаза различать отдельные детали предмета ограничена их угло-

выми размерами. Человек всегда стремился увидеть объекты, угловой размер которых меньше разрешающей способности глаза, равной примерно одной угловой минуте. Увеличить угловой размер объекта можно с помощью различных оптических приборов: лупы и микроскопа — для наблюдения мелких объектов, зрительной трубы, телескопа, бинокля, перископа и т. п. — для наблюдения удаленных объектов. Зрительную трубу изобрел голландец И. Липперсгей в 1608 г. Это изобретение имело военное значение и было засекречено, в результате чего долгое время его приписывали Г. Галилею, который в 1609 г. независимо создал свою зрительную трубу и использовал ее для наблюдений на суше и на море, а главное, направив ее в небо, достиг замечательных результатов: открыл спутники Юпитера, пятна на Солнце, отдельные звезды Млечного Пути и т. д. В наши дни схема зрительной трубы Галилея, называемой иногда голландской, применяется в основном в биноклях небольшого увеличения. Современные зрительные трубы для астрономических и наземных наблюдений обычно построены по схеме Кеплера, включающей в себя две оптические системы (в простейшем случае — линзы): объектив и окуляр, фокусы которых совмещены. Если зрительную трубу направить на удаленный объект с малым угловым размером  $\alpha$ , то линейный размер изображения в фокальной плоскости ее объектива с фокусным расстоянием  $f_{об}$  окажется равным  $h' = f_{об}\alpha$ . Это изображение, как через лупу, рассматривается в окуляр с фокусным расстоянием  $f_{ок}$ , который может содержать дополнительные линзы для обращения перевернутого изображения, создаваемого объективом. Угловой размер изображения, видимого глазом, таким образом, равен  $\alpha' = h'/f_{ок}$ . Следовательно, происходит угловое увеличение размеров объекта, которое для малых углов равно

$$\Gamma = \alpha'/\alpha = f_{об}/f_{ок} = D/D'$$

( $D$  и  $D'$  — диаметры входного зрачка объектива и его изображения в окуляре, т. е. выходного зрачка). Это увеличение создает иллюзию приближения объекта.

Если  $D'$  не больше диаметра входного зрачка (хрусталика) глаза  $d$ , то весь прошедший через трубу свет попадает в глаз. Если  $D' = d$ , увеличение называют равнозрачковым, а угловой размер объекта окажется в  $\Gamma = D/d$  раз больше углового

<sup>7</sup> Ченакал В. Л. Сплавы Ломоносова для металлических зеркал // Ломоносов. Сб. Ч. III. М.: Л., 1951, С. 109—123.

размера, наблюдаемого невооруженным глазом.

Когда угловое разрешение ограничено дифракцией, минимальный угол (в угловых минутах) для среднего значения длины волны 0,555 мкм равен 4,6/Гд. Для  $d=4,6$  мм и  $\Gamma=10$  угол  $\alpha=0,1'$  — глаз же видит объект под углом  $\alpha'=\Gamma\alpha=1'$ .

Чем больше увеличение  $\Gamma$  зрительной трубы, тем меньше ее поле зрения,

протяженного объекта световое ощущение определяется освещенностью

$$E = \frac{\pi}{4} (d/f')^2 L$$

того участка сетчатки, на который проецируется изображение объекта ( $f'$  — фокусное расстояние хрусталика глаза,  $L$  — яркость объекта), т. е. в конечном итоге яркостью источника света. Яркость же от увеличения зрительной трубы не зависит.

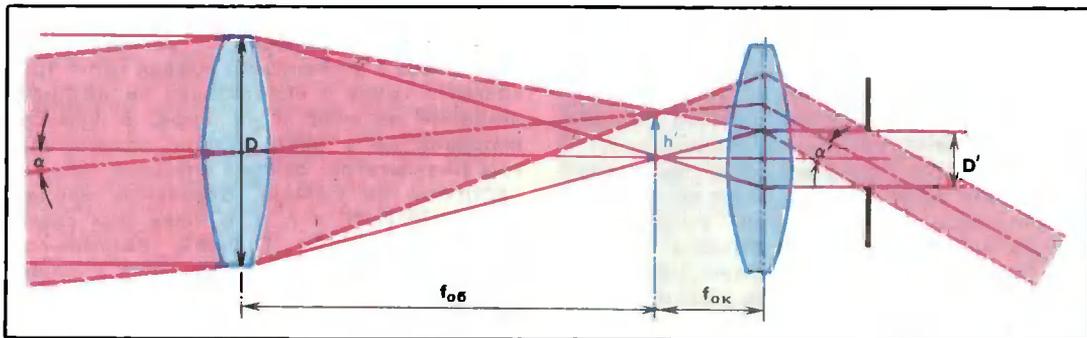


Схема зрительной трубы.  $D$  и  $D'$  — входной и выходной зрачки (апертуры объектива и окуляра);  $\alpha$  и  $\alpha'$  — угловые размеры объекта и изображения;  $f_{об}$  и  $f_{ок}$  — фокусные расстояния объектива и окуляра;  $h'$  — размер изображения в задней фокальной плоскости объектива, совпадающей с передней фокальной плоскостью окуляра.

так как по законам геометрической оптики

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\beta' / \Gamma,$$

где  $\beta$  и  $\beta'$  — половина угла поля зрения объектива и окуляра соответственно.

Если угловые размеры объекта настолько малы, что при любом увеличении зрительной трубы угол  $\alpha' < 1'$ , т. е. меньше предельного разрешения глаза, то изображение объекта на сетчатке при любом увеличении имеет вид светлого пятна с линейным размером около 5 мкм. При этом «блеск» объекта, т. е. освещенность входного зрачка глаза, превышает освещенность входного зрачка зрительной трубы в  $\Gamma^2$  раз (без учета потерь света в трубе). Иными словами, воспринимаемый глазом блеск маленького «точечного» объекта возрастает с ростом увеличения  $\Gamma$  зрительной трубы.

При наблюдении в зрительную трубу

Ее могут только уменьшить потери света в трубе. Поэтому, наблюдая слабоосвещенные объекты в зрительную трубу, казалось бы, нельзя увидеть их более яркими, чем рассматривая невооруженным глазом.

Итак, по законам геометрической и волновой оптики с помощью оптического прибора невозможно улучшить видимость предметов при плохом освещении (например, в сумерках).

## НОЧЕЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА ЛОМОНОСОВА

Ломоносов первым в мире обратил внимание на возможность улучшить зрение человека в темноте благодаря оптическому прибору, названному им ночезрительной, или никтоптической, трубой (tubus noctopticus), а также «машиной для сгущения света».

В своем трактате «Физическая задача о ночезрительной трубе», представленном в Академию наук 19 января 1758 г., он писал: «Для наблюдения издали вещей, очень удаленных и тем утаенных от зрения, искусство смертных избрело телескопы. (...) Мельчайшие же вещи становятся заметными при помощи микроскопов. (...) Но никто из ученых, насколько я знаю, не только не потрудился,

но даже не подумал о том, как извлечь вещи из темноты (курсив мой.— М. М.), чтобы можно было заметить их ночью или хотя бы в густые сумерки. (...) Пусть, однако, никто не думает, что я хочу изготовить оптическое средство, которое позволяло бы при полном отсутствии света видеть тела ясно и отчетливо. (...) Но я не сомневаюсь, что где есть свет, как бы он ни был слаб, с помощью некоторого оптического инструмента можно много яснее различить предметы, чем невооруженным глазом<sup>8</sup>.

Работу над ночезрительной трубой Ломоносов начал задолго до обнаружения этого трактата. Во всяком случае, она велась до 13 мая 1756 г., поскольку в тот день на заседании Академии Ломоносов согласился произнести речь «... о машине для сгущения света, им изобретенной, и показал эту машину — трубу длиной около 2 футов и 3—4 дюймов. Одна чечевица (окулярная) малая и другая (объективная) большая, собирающая лучи. Труба построена для той цели, чтобы различать в темноте скалы и корабли. Из всех опытов явствует, что предмет, поставленный в темную комнату, различается через трубу яснее, чем без нее»<sup>9</sup>.

Создавая свою «машину для сгущения света», Ломоносов обратил внимание на то, что бодрствующие по ночам животные в сумерках хорошо видят не только благодаря высокой, чувствительности их «оптического нерва» (сетчатки глаза), но и за счет больших размеров зрачка (как, например, у совы). Поэтому его «машину» представляла собой двухлинзовую зрительную трубу с довольно большим, а следовательно, и весьма светосильным объективом, который «захватывал огромную массу лучей и собирал их преломлением», и малым окуляром, «который снова преломлял лучи, превращая их в параллельные». Таким образом, вторая линза — окуляр — восстанавливала параллельность светового пучка, направляемого в глаз наблюдателя, а освещенность его зрачка была выше освещенности первой линзы. В целом оптическая схема ночезрительной трубы ничем не отличалась от схемы обычной зрительной трубы. Это, видимо, и заставило присутствовавших при первом сообщении Ломоносова профессоров астрономии А. Н. Гришова и

Н. И. Попова заявить, что «иной новизны изобретения: кроме цели или назначения, по сравнению с прочими трубами, нет и что все астрономические трубы дают то же самое». Высказывания такого рода, весьма типичные для людей, не стремящихся проникнуть в суть новых предложений, неоднократно имели место в истории науки. Так, о трехмерной голографии Денисюка многие говорили, что ничем, кроме назначения, она не отличается от интерференции света, фотографии Липпмана, голограмм Габор и т. д.

«Русские современники,— пишет Вавилов,— могли полностью оценить Ломоносова как поэта, создателя языка, историка, творца мозаичных картин, но его наука оставалась непонятой. Ломоносова, ученого-естественника, вполне понимали только такие люди, как Леонард Эйлер, называющий его „гениальным человеком, который своими познаниями делает честь столько же Академии, как и всей науке“»<sup>10</sup>.

Между тем на основе многочисленных опытов Ломоносов глубоко осознал роль увеличения зрительной трубы при наблюдении слабоосвещенных объектов и в своих мемуарах характеризовал качество изображения, пользуясь связанными с увеличением понятиями «ясность» и «явственность», «отчетливый» и «различимый».

Особую остроту дискуссии о ночезрительной трубе придало вмешательство известного оптика профессора физики Ф. Эпинуса. Он составил замечания к мемуарам Ломоносова, стремясь показать, что его изобретение невыполнимо на практике. Эти замечания не дошли до нас, но сохранилась копия записки Эпинуса «Дополнения к доказательству невозможности ночезрительной трубы».

Противников Ломоносова не убедила и демонстрация им в 1759 г. английской зрительной трубы, которую он получил от покровительствовавшего развитию науки и искусства влиятельного фаворита императрицы Елизаветы Петровны, президента Академии художеств и первого куратора Московского университета И. И. Шувалова и которая по устройству была такой, какой ученый представлял себе свое изобретение. Однако Эпинус и другие оппоненты остались при своем мнении, о чем Ломоносов с горечью сообщил в письме тому же Шувалову: «...спо-

<sup>8</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 4. С. 113—115.

<sup>9</sup> Вавилов С. И. Ночезрительная труба М. В. Ломоносова // Собр. соч. Т. 3. М., 1956. С. 666.

<sup>10</sup> Вавилов С. И. Ломоносов и русская наука. С. 36.

рят так, что, видя, не видят и, слыша, не слышат». Ломоносов нашел в английской трубе реализацию своего предложения, что лишило его (и Россию) приоритета на изобретение из-за более чем трехлетней пустой полемики, не позволившей ему опубликовать сделанное открытие.

Чем закончился этот спор, арбитрами в котором предлагались то Эйлер, то Парижская Академия наук, до сих пор неясно. «Каких-либо решений в Академии не состоялось», — отмечает Вавилов, — и приходится теперь, спустя почти два века, решать спор о ночезрительной трубе вместо Эйлера и Парижской Академии<sup>11</sup>. Конечно, Вавилов имел в виду теоретическое объяснение изобретения Ломоносова, поскольку жизненная практика давно подтвердила справедливость его идеи.

Даже «...критики Ломоносова не отрицали пользы наблюдения ночью в трубу с большим увеличением, благодаря чему становились различимыми детали, незаметные в темноте для невооруженного глаза. Но они, по-видимому, совершенно не понимали того, что эта „польза“ вовсе не очевидна и никак не вытекает просто из геометрической оптики»<sup>12</sup>.

До конца своей жизни Ломоносов продолжал разрабатывать инструменты для ночных наблюдений.

Снаряженная по его проекту полярная экспедиция капитана В. Я. Чичагова была оснащена по заказу Адмиралтейств-коллегии в 1764—1765 гг. «шестью подзорными добрыми трубками», из которых три — «особливые», предназначавшиеся, по замыслу их создателя, «для сумрачного времени».

Меньше месяца не дожил Ломоносов до того дня в начале мая 1765 г., когда три корабля экспедиции Чичагова вышли в Ледовитый океан. Так, почти десятилетняя борьба за создание ночезрительной трубы успешно завершилась не только ее постройкой академическими мастерами — оптиком И. И. Беляевым и инструментальщиком Н. Г. Чижовым, но и практическим ее применением русскими мореходами.

В 1772 г., через 16 лет после первого сообщения Ломоносова, немецкий математик, физик и астроном И. Ламберт описал зрительную трубу в 8 дюймов длиной, которой он пользовался для ночных наблюдений. Как и Ломоносов, он называл свою трубу ночезрительной. В 1803 г.,

спустя 30 лет после Ламберта, зрительную трубу для ночных наблюдений вновь описал французский астроном Ж. Лаланд, как и Ламберт, полагавший, что честь изобретения ночезрительной трубы принадлежит ему.

Однако зрительная труба для ночных наблюдений и принципы ее построения были открыты в 1756 г. русским ученым Михаилом Васильевичем Ломоносовым!

«После смерти Ломоносова его ночезрительная труба была забыта и заброшена», — отмечал Вавилов. — Ею никто не интересовался приблизительно 150 лет. Многие, в частности моряки, знали по опыту пользу труб и биноклей для ночных наблюдений, но сознательное развитие ночезрительная труба с большим увеличением получила только за последнее десятилетие. (...) Так, спустя 150 лет, торжествует мысль и научная работа Ломоносова, от которой отвернулись, которую не поняли и забыли его современники и потомки»<sup>13</sup>.

Вавилов в своих работах о ночезрительной трубе Ломоносова подробно проанализировал причины, ограничивающие способность глаза различать мелкие объекты днем и ночью, причины, понятые Ломоносовым, но, к сожалению, так и не понятые его современниками.

Рассмотрим этот вопрос с позиций современной теории квантовых флуктуаций.

## СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ НАБЛЮДЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

**Дневное зрение.** Днем предел разрешающей силы глаза, т. е. величины, обратной минимальному размеру светлого пятна на сетчатке, определяется дифракцией света на зрачке и законами геометрической оптики, поскольку при угловых размерах меньше  $0,5 - 1'$  светлое пятно становится соизмеримым с дифракционным изображением точечного источника света и с расстоянием между соседними светочувствительными элементами сетчатки (при низкой яркости фона — колбочками). В современной теории зрения предел разрешающей силы определяется частотно-контрастной характеристикой глаза<sup>14</sup> или связью распределений

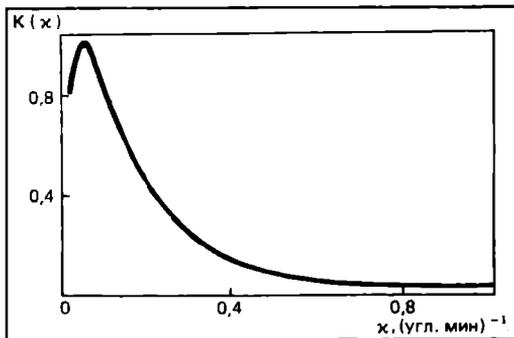
<sup>11</sup> Вавилов С. И. Ночезрительная труба М. В. Ломоносова. С. 676.

<sup>12</sup> Там же, С. 669.

<sup>13</sup> Там же. С. 680.

<sup>14</sup> Островская М. А. // Оптико-механическая промышленность. 1969. № 2. С. 45—54.

яркости в плоскости объекта и освещенности в плоскости изображения (на сетчатке). Эта характеристика передает зависимость контраста  $K$  мелких деталей изображения от пространственной частоты  $\chi$  (числа линий на единицу длины либо угла), обратной линейному или угловому размеру объекта. Для пространственных частот  $\chi > 0,06$  (угл. мин)<sup>-1</sup> (около  $0,2$  мрад<sup>-1</sup>), т. е. размеров изображения на сетчатке, меньших  $80$  мкм или  $17'$ , такая зависимость имеет гауссову форму



Частотно-контрастная характеристика глаза, определяющая зависимость контраста  $K$  изображения на сетчатке от пространственной частоты  $\chi$ , обратно пропорциональной угловым (или линейным) размерам объекта.

$$K(\chi) = K_0 e^{-(\chi/\chi_{cp})^2},$$

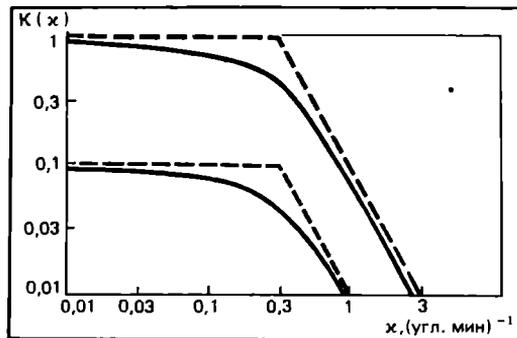
где  $K_0 = K(0)$  — исходный контраст объекта наблюдения,  $\chi_{cp}$  — частота «среза», или постоянная гауссоида, равная  $0,3$  (угл. мин)<sup>-1</sup>  $\approx 0,9$  мрад<sup>-1</sup>. Частотно-контрастную характеристику для этой области значений  $\chi$  можно также представить в виде

$$K(\chi) = \frac{K_0}{1 + (\chi/\chi_{cp})^2}$$

и аппроксимировать двумя асимптотами, одна из которых параллельна горизонтальной оси, а вторая наклонена так, что контраст меняется в  $100$  раз при десятикратном изменении пространственной частоты. Обе асимптоты пересекаются на частоте  $\chi_{cp}$ , где истинная частотно-контрастная характеристика отличается от приближенной (составленной из асимптот) на максимальную величину, равную  $0,63$  для первого выражения и  $0,5$  для второго.

Следовательно, контраст изображе-

ния в зависимости от пространственной частоты приближенно находится с помощью семейства таких характеристик, учитывающих исходный контраст рассматриваемого объекта, волновую природу света и геометрические ограничения разрешающей силы оптической системы, обусловленные дифракцией световых волн, aberrациями объектива, конечными размерами чувствительных элементов сетчатки, характером возбуждения нейронов и т. д.

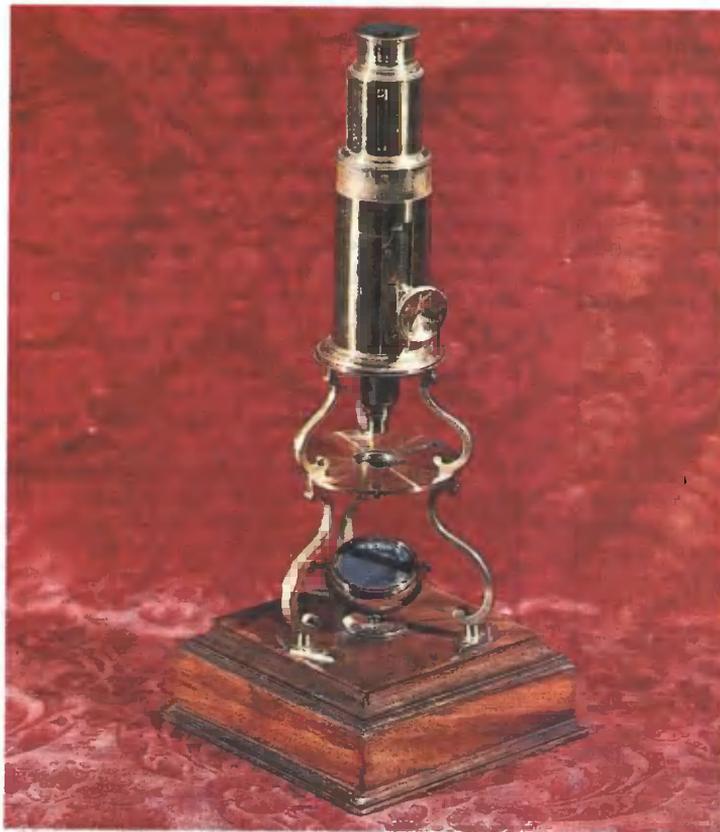


Расчетные частотно-контрастные характеристики (сплошные кривые) и их асимптоты (пункт и р) для различной яркости объекта (цветные линии соответствуют большей яркости). На этом и последующих графиках используется логарифмический масштаб.

**Ночное зрение. Квантовые флуктуации света.** Возможность наблюдения низкоконтрастного либо слабоосвещенного объекта определяется уже не геометрическими и дифракционными эффектами, а шумами, связанными с флуктуациями излучения, падающего на сетчатку глаза, точнее, с флуктуациями мгновенного числа фотонов, испускаемых этим объектом<sup>15</sup>.

В 1900 г. М. Планк сформулировал гипотезу квантов, согласно которой атомы излучают энергию прерывисто, переходя с одного стационарного уровня на другой. В 1905 г. А. Эйнштейн высказал соображения о прерывистости не только процесса излучения, но и самого излучения, как бы состоящего из отдельных элементарных порций — фотонов — с энергией  $h\nu$  ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж · с — постоянная Планка,  $\nu$  — частота излучения).

<sup>15</sup> См., напр.: Вавилов С. И. Микроструктура света: Исследования и очерки. М., 1950; Он же. Глаз и Солнце. М.; Л., 1950.



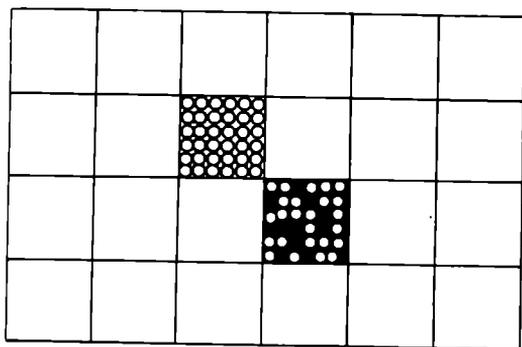
Микроскоп и телескоп, которыми пользовался Ломоносов, его рукопись с эскизами ночезрительной трубы и зеркального телескопа, а также чертежные инструменты XVIII в. Музей М. В. Ломоносова.





Именно корпускулярные свойства излучения порождают флуктуации в слабых потоках, экспериментально подтвержденные Вавиловым, который своими опытами, выполненными в ГОИ с 1932 г. по 1941 г., показал, что высокая чувствительность глаза и наличие резкого порога зрительного ощущения позволяют «воочию убедиться в квантовой, прерывной структуре света».

В 1943 г. также в ГОИ А. А. Лебедев предположил, что квантовые флуктуации могут не только влиять на порог зритель-



Схематическое изображение «серого» пятна на белом фоне. Фон образован фотонами (светлые точки), заполняющими каждый из квадратов, на которые разбивается анализируемый участок. Исключением составляет пятно, где «серый» цвет обусловлен нехваткой фотонов.

ного восприятия, но и определять остроту зрения при высоких яркостях. Эти идеи получили развитие в работах А. В. Луизова по теории зрения<sup>16</sup>.

Ограничения разрешающей способности глаза, следующие из квантовых флуктуаций света, найдем, если, следуя А. Роузу, проанализируем восприятие серого пятна на белом фоне<sup>17</sup>. Отличие пятна от фона удастся описать контрастом  $K$ , определяемым отношением  $\Delta n_{\phi} / n_{\phi}$ , где  $n_{\phi}$  — среднее по площади изображения число фотонов, а  $\Delta n_{\phi}$  — среднее отклонение от этой величины в пределах серого пятна.

Из-за случайного характера распределения фотонов по площади изображения  $A$  их число, приходящееся на один из  $N$  элементов изображения (се-

рое пятно), также отличается от среднего значения  $n_{\phi}$  на величину  $\sqrt{\Delta n_{\phi}^2}$ , где  $\Delta n_{\phi}^2$  — дисперсия. Если отдельные акты излучения фотонов независимы друг от друга, то оказывается, что  $\Delta n_{\phi}^2 = n_{\phi}$  (закон Пуассона). Строго говоря, для фотонов это не совсем справедливо, поскольку «фотонный газ» подчиняется своим статистическим законам, отличным от законов, описывающих свойства обычного газа. Однако приближенно можно принять, что относительная величина шума в изображении равна  $1/\sqrt{n_{\phi}}$ .

Чтобы серое пятно выделялось на таком флуктуирующем фоне, относительная величина сигнала, или контраст  $K$ , на сетчатке должен превышать относительную величину шума, т. е.  $K\sqrt{n_{\phi}} = \rho$ , где  $\rho > 1$ .

Для выбора коэффициента  $\rho$  предположим, например, что все изображение состоит из  $10^6$  элементов, иными словами, существует  $10^6$  вариантов ошибки при выделении одного из них в качестве серого пятна. Но вероятность ошибки не должна быть больше единицы, следовательно, вероятность превышения шумом среднего значения сигнала в одном элементе (пятне или «точке») изображения при этом не может быть больше  $10^{-6}$ . В то же время при нормальном (гауссовом) распределении шума вероятность превышения им пятикратного среднеквадратического отклонения ( $\rho=5$ ) составляет  $3 \cdot 10^{-7}$ , для  $\rho=4$  соответствующая величина равна  $3 \cdot 10^{-5}$ , а для  $\rho=3$  — примерно  $10^{-3}$ . Поэтому значение  $\rho=5$  вполне приемлемо для изображений самого высокого качества, а для менее качественных — допустимы значения 4 и даже 3.

Считая для простоты серое пятно кругом диаметра  $b$  и переходя к его угловым размерам на сетчатке  $\alpha' = b/f'$ , а также выражая  $n_{\phi}$  через наблюдаемую величину — яркость объекта  $L$ , — найдем искомую связь между еще различным глазом минимальным угловым размером объекта  $\alpha'$  и пороговым значением контраста  $K_{\text{пор}}$  его изображения на сетчатке:

$$K_{\text{пор}} \cdot \alpha' = G/\sqrt{L}$$

(параметр  $G$  зависит от яркости и определяется эмпирическими значениями таких характеристик глаза, как его коэффициент пропускания и эффективность поглощения фотонов сетчаткой, а также величиной диаметра хрусталика).

Таким образом, при фиксированной яркости величина  $K_{\text{пор}}$  прямо пропорцио-

<sup>16</sup> Луизов А. В. Физика зрения. М., 1976; Он же. Глаз и свет. Л., 1983.

<sup>17</sup> Роуз А. Зрение человека и электронное зрение. М., 1977.

нальна пространственной частоте  $\chi=1/\alpha'$ , т. е. зависимость  $K_{\text{пор}}(\chi)$  имеет вид прямой, которая при изменении яркости смещается, оставаясь параллельной самой себе.

Значения яркости фона могут колебаться в широких пределах: от  $10^{-4}$  до  $10^{-2}$  кд/м<sup>2</sup> ночью, от  $10^{-2}$  до  $10$  кд/м<sup>2</sup> в сумерках и от  $10$  до  $10^5$  кд/м<sup>2</sup> днем.

Предельная пространственная частота  $\chi=1/\alpha'$ , воспринимаемая глазом, определяется пересечением графиков  $K(\chi)$  и  $K_{\text{пор}}(\chi)$ , причем обычно первый из них заменяется своими асимптотами.

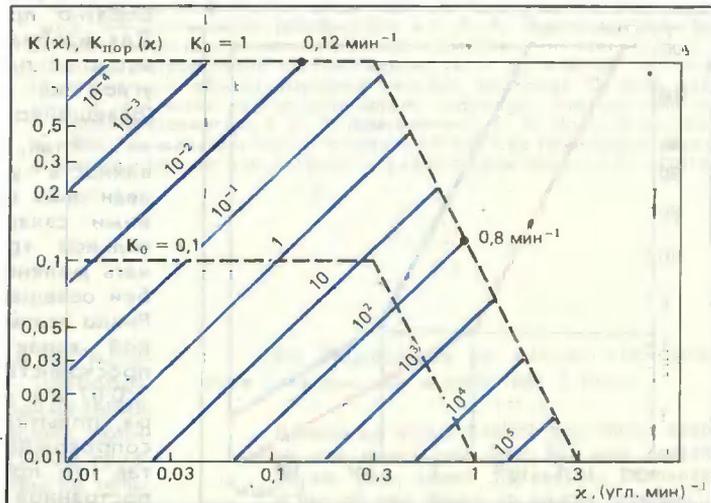
График для нахождения углового разрешения глаза. Минимальный размер объекта, еще различимого глазом, определяется точкой пересечения асимптоты частотно-контрастной характеристики  $K(\chi)$  (пунктир) для известного исходного контраста  $K_0$  с цветной прямой  $K_{\text{пор}}(\chi)$ , соответствующей тому или иному уровню яркости объекта. Так, при яркости  $10^{-2}$  кд/м<sup>2</sup> и  $K_0=1$  максимальное значение пространственной частоты, воспринимаемой глазом, составляет  $0,12$  угл. мин<sup>-1</sup>, иными словами, глаз может различить объект с угловым размером на меньше  $8,3$  угл. мин, а для яркости  $10^2$  кд/м<sup>2</sup> максимальная пространственная частота равна  $0,8$  угл. мин<sup>-1</sup>, т. е. минимальный угловой размер объекта —  $1,2$  угл. мин.

Так, при  $K_0=1$  и яркости фона  $10^{-2}$  кд/м<sup>2</sup> глаз способен различить объект, размер которого не менее  $8,3$  угл. мин, а соответствующее значение пространственной частоты не превышает  $0,12$  угл. мин<sup>-1</sup>. При яркости  $10^2$  кд/м<sup>2</sup> эти величины составили бы  $0,17$  угл. мин и  $5,8$  угл. мин<sup>-1</sup> соответственно, однако из-за вида частотно-контрастной характеристики глаза, определяющего геометрические ограничения качества изображения, их действительные значения окажутся равными всего лишь  $1,25$  угл. мин и  $0,8$  угл. мин<sup>-1</sup>. Следовательно, разрешающая способность глаза при малых яркостях фона (менее  $10^{-2}$  —  $10^{-1}$  кд/м<sup>2</sup>) ограничена фотонным шумом, а при больших — дифракцией света на хрусталике и его аберрациями, а также конечными размерами чувствительных элементов сетчатки, т. е. частотно-контрастной характеристикой глаза. Для низких значений контраста ( $K_0=0,1$ ) разрешающая способность глаза определяется квантовыми флуктуациями вплоть до сравнительно высокой яркости (около  $10$  кд/м<sup>2</sup>),

но при больших яркостях ограничения снова оказываются связанными с видом частотно-контрастной характеристики.

Итак, несмотря на ряд упрощающих предположений, полученные результаты со всей определенностью подтверждают важную роль увеличения при наблюдении в темное время.

Если задаться целью вооружить глаз таким оптическим прибором (например, зрительной трубой), чтобы система «прибор — глаз» при любом освещении имела остроту зрения, которой обладает глаз



днем ( $\alpha=\alpha'/\Gamma=1'$ ), увеличение такого прибора  $\Gamma$  должно удовлетворять условию  $\Gamma=\alpha'$ .

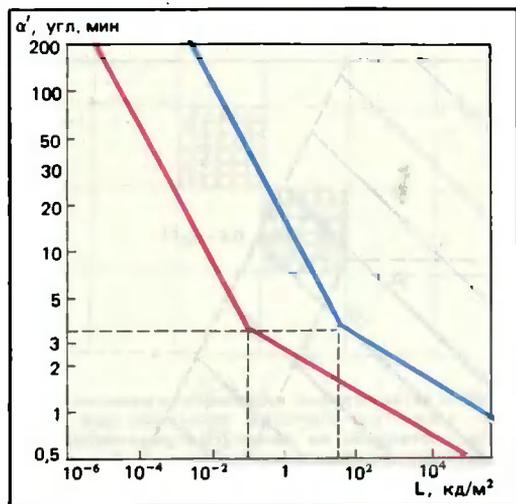
Однако по ряду причин увеличение нельзя повышать беспредельно, следовательно, и возможность различать все более мелкие мало-контрастные или слабо-освещенные объекты ограничена.

Во-первых, при росте увеличения зрительной трубы уменьшается ее поле зрения. Так, для широкоугольного окуляра с полем зрения  $70^\circ$  при увеличении 100 поле зрения объектива составит всего-навсего  $0,8^\circ$ .

Далее, чем больше увеличение, тем больше должен быть диаметр объектива зрительной трубы, а значит, и собственные аберрации, которые вносят определенные коррективы в ее разрешающую способность. Правда, в сумерках и ночью роль аберраций снижена, поскольку размер минимальной детали объекта, которую еще удастся различить, определяется не геометрическими факторами, а фотонным шумом. На это обстоятельство впервые об-

ратил внимание Вавилов. Критикуя негативную оценку, данную академиком Петербургской Академии наук С. Я. Румовским в письме Эйлеру от 7 декабря 1756 г. качеству изображения в ночезрительной трубе Ломоносова, Вавилов отмечал: «...исправление aberrаций вовсе не имеет большого значения для ночезрительных труб; наоборот, некоторое пренебрежение aberrациями облегчает практическое осуществление такой трубы»<sup>18</sup>.

Наконец, третья и, пожалуй, главная причина, ограничивающая рост увеличения,



Зависимость минимального углового размера  $\alpha'$  еще различной глазом детали изображения от его яркости  $L$ . Излом прямых (красная соответствует исходному контрасту  $K_0=0,1$ , синяя —  $K_0=1$ ) связан с изменением причин, ограничивающих размер деталей, различными глазом. Слева от точек излома (их координаты отмечены пунктиром), т. е. при малой яркости, ограничения обусловлены фотонным шумом, а справа — геометрическими факторами, например aberrациями. График можно использовать и для определения увеличения оптического инструмента с разрешением  $\alpha'=1$ .

кроется в самом устройстве глаза. Дело в том, что природа, «зная» об ограничениях, вызванных квантовыми флуктуациями света (подобному тому как, «зная» положение максимума в спектре электромагнитного излучения Солнца, она «выбрала» в соответствии с этим максимум спектральной чувствительности глаза), «сконструировала»

чувствительные элементы глаза довольно хитро. А именно, благодаря поперечным нервным связям в зоне сетчатки, «обслуживаемой» одним зрительным нервом, происходит усреднение яркости по небольшим участкам изображения. Этот эффект, обнаруженный еще в 1877 г. и названный законом Рикко, позволяет усреднять пространственные флуктуации фотонов в пределах рассматриваемого нами серого пятна на белом фоне. Закон Рикко имеет место для элементов изображения с угловыми размерами на сетчатке от 15 до 50'. В этом диапазоне яркость изображения обратно пропорциональна его площади. Для изображений больших размеров яркость от площади почти не зависит, для углов же меньше 15' пороговый блеск (освещенность зрачка) вообще не меняется.

Итак, закон Рикко отражает согласованность устройства глаза с законами квантовых флуктуаций света, но именно с ними связано влияние увеличения зрительной трубы на возможность различать мелкие детали изображения при слабой освещенности. Следствием же закона Рикко является падение частотно-контрастной характеристики глаза при низких пространственных частотах ( $\chi < 0,07$  угл. мин<sup>-1</sup>, или  $\alpha' > 15'$ ). Иначе говоря, попытка воспроизвести такие частоты сопровождается уменьшением контраста, так что при наблюдении изображений с постоянной яркостью, характеризующихся очень низкими пространственными частотами, чувствительность глаза мала. Она имеет резкий максимум и далее спадает по гауссовому закону.

\*

Анализируя материалы, относящиеся к естественно-научным «увлечениям» М. В. Ломоносова, в частности к его ночезрительной трубе, трудно удержаться от восхищения. В самом деле, ведь, придумав свою «машину для сгущения света», он, по существу, предвосхитил следствия из появившейся лишь спустя два столетия теории квантовых флуктуаций света. Более того, и само слово «оптика» появилось в нашем языке исключительно благодаря ему — гениальному сыну земли русской, чьи труды и идеи заложили основы современного естествознания и перед чьим научным и человеческим подвигом мы низко склоняем головы в знак величайшего уважения.

<sup>18</sup> Вавилов С. И. Ночезрительная труба М. В. Ломоносова. С. 678.

## О природе стекла

М. М. Шульц



Михаил Михайлович Шульц, академик, директор Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова АН СССР, профессор Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова. Основные научные результаты относятся к химии и электрохимии стекла; термодинамике гетерогенных систем, силикатов и тугоплавких оксидов; теории ионного обмена; изучению твердых растворов. Соавтор ряда книг, в том числе научно-популярных, например: *Стекло: природа и строение* (совместно с О. В. Мазуриным и Е. А. Порай-Кошицем). Л., 1985. Председатель Научного совета АН СССР по химической термодинамике и термохимии. Лауреат Государственной премии СССР (1973).

Стекло издавна в обиходе, но материал этот не устаревает, а наоборот, находит все новые и новые применения, да и производится во все больших количествах. Пользу и достоинства стекла трудно переоценить: широко известны не только практические его качества, но и изумительные его свойства для изготовления художественных изделий. Возможно, именно эта особенность стекла в первую очередь привлекла внимание нашего великого соотечественника — талантливого ученого, вдохновенного поэта, одаренного художника — М. В. Ломоносова. И в год юбилея как нельзя более кстати напомнить его яркие слова из «Письма о пользе стекла», адресованного куратору Московского университета И. И. Шувалову:

Неправо о вещах те думают, Шувалов,  
Которые стекло чтут ниже Минералов,  
Приманчивым лучом блистающих в глаза:  
Не меньше польза в нем, не меньше в нем  
краса.

Пою перед Тобой в восторге похвалу  
Не камням дорогим, не злату, но Стеклу<sup>1</sup>.

Но Ломоносов не только восторгается стеклом, но и работает с ним:

Далече до конца Стеклу достойных хвал,  
На кои целый год едва бы мне достал.  
Затем уже слова похвальны оставляю  
И что об нем писал, то делом начинаю...<sup>2</sup>

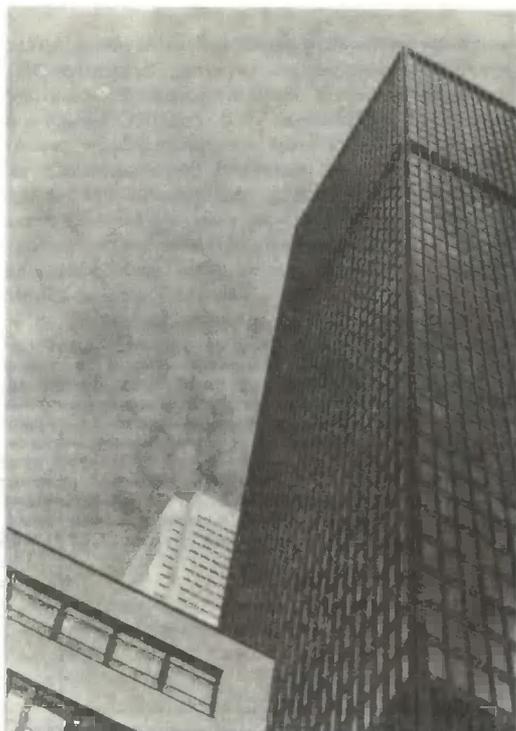
Основав еще в 1748 г. химическую лабораторию, он среди прочих химических опытов немало сил уделял поиску рецептур цветных стекол. Его упорный труд увенчался успехом — удалось получить материал для первых мозаичных картин. И в этом деле великий ученый не отходил от столь характерного для него научного метода: «Прилагаю я возможное старание, чтобы стекла разных цветов делать, которые бы к упомянутым художествам годны были, и в том имею нарочитые прогрессы. При всех практических опытах записываю и те обстоятельства, которые надлежат до химической теории»<sup>3</sup>.

Изготовление стекла — не эпизод в разнообразной деятельности Ломоносова, а серьезное увлечение, которому он отда-

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Цит. по: Безбородов М. А. М. В. Ломоносов и его работа по химии и технологии силикатов. М.; Л., 1948. С. 68.

<sup>1</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 8. С. 508—522.



Использование стекла в качестве конструкционного материала.

вал свой талант и личное время в течение многих лет до самой кончины. Вот как он сам пишет об этом своем занятии: «Сделал больше четырех тысяч опытов, коих не только рецепты сочинял, но и материалы своими руками по большей части развешивал и в печь ставил, несмотря на бывшую тогда жестокою ножную болезнь»<sup>4</sup>. За лабораторными опытами последовала и организация серийного производства. В конце ноября — начале декабря 1752 г. Ломоносов обратился в Сенат с предложением о строительстве фабрики цветного стекла. После того как Сенат получил сведения о количестве ввозимых в Россию изделий из стекла, он 14 декабря 1752 г. вынес положительное решение.

Строительство началось в мае 1753 г. и закончилось в начале 1755 г. Но несмотря на то что строительные работы в 1754 г. еще велись, весной того же года на фабрике уже организуется производство изделий из цветного стекла в широком ассортименте.

А какова роль стекла и науки о нем в наше время?

## КАКИЕ БЫВАЮТ СТЕКЛА

Мы часто не задумываемся над тем, откуда берется, как получается то, что окружает нас в повседневной жизни, к чему мы привыкли. Это в полной мере относится и к стеклу. Оглянемся вокруг: окна, посуда и очки, электрические лампы, градусник и кинескоп телевизора — все это из стекла. Выйдем из дома — и обнаружим новые примеры его использования: в строительстве, электро- и радиотехнике, химии, на транспорте и в космосе. Особая роль принадлежит стеклу в оптических приборах, начиная от микроскопов и телескопов, различных средств регистрации и передачи изображения и кончая лазерными устройствами<sup>5</sup>.

Чем объяснить такой необозримый диапазон применений стекла? Конечно же, прежде всего многообразием его свойств и возможностью изменять их в широких пределах — стекла бывают прозрачными и непрозрачными, очень твердыми и необычайно мягкими, могут проводить электрический ток или служить прекрасными изоляторами. А это, в свою очередь, определяется главным образом тем, что химический состав стекла весьма разнообразен. Действительно, если первые стекла, созданные человеком, были силикатными, иными словами, состояли в основном из двуоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), т. е. кремнезема, или, попросту, чистого песка, и из оксидов (окислов) щелочных либо щелочноземельных металлов, то впоследствии появились и другие кислородные стекла на основе, например, оксидов фосфора, германия, бора, а также — бескислородные, в частности халькогенидные (содержащие серу или ее аналоги с различными добавками). В последнее время в оксидные стекла стали добавлять фториды, хлориды и другие соли. Изготавливают стекла и из самих солей, скажем нитратов, галогенидов и т. д. Наконец, удалось получить и стеклообразные металлы, или металлические стекла, обладающие ценными свойствами и рядом преимуществ перед обычными металлами с кристаллической структурой, преимуществ, важных, в частности, для электротехники. Правда, если многие оксидные стекла образуются при охлаждении расплавов сравнительно легко, без особых ухищрений, то для того чтобы получить стеклообразные металлы и сплавы, приходится охлаждать

<sup>4</sup> Там же. С. 66.

<sup>5</sup> Подробнее см. в этом номере: Мирощников М. М. «Извлечь вещи из темноты».

расплавы чрезвычайно быстро — со скоростью до миллионов градусов в секунду. Это связано прежде всего со степенью полимерности (связанности) структуры расплава. Чем более она связана, тем легче из расплава образуется стекло, и наоборот, чем быстрее в расплаве происходят структурные перестройки при изменении температуры, тем легче он кристаллизуется.

### ОСОБЕННОСТИ СТЕКЛООБРАЗНОГО СОСТОЯНИЯ

Итак, почти любое вещество может находиться в стеклообразном состоянии. Поэтому, когда речь идет о стекле вообще, имеется в виду определенное — аморфное — состояние твердых тел.

В твердой фазе вещества одного и того же химического состава в зависимости от условий могут находиться либо в кристаллическом, либо в аморфном состоянии. Аморфные тела получают разными способами. Из них, по принятой терминологии, к стеклам относят только те, что образуются при затвердевании переохлажденных расплавов. Именно определенный способ получения позволяет говорить конкретно о структуре, разрабатывать теорию стеклования (перехода жидкости при переохлаждении в твердое стеклообразное состояние) и на основе обобщения выводов теории и опыта прогнозировать свойства стекла, разрабатывать оптимальные режимы его получения и формирования из него готовых изделий.

Главное отличие стекол от кристаллов в том, что в кристаллах имеется и ближний порядок, определяемый расположением атомов в элементарной ячейке, и дальний, обусловленный регулярным расположением, повторяемостью этих ячеек в кристаллической решетке, а в стеклах можно говорить только о ближнем порядке — дальнего нет. Конечно, не всегда по внешним признакам легко их различить, но все же для кристаллов обычно характерна правильность формы и спайность — способность раскалываться по определенным направлениям, давая гладкий скол. Стекла же этой способностью не обладают, и из них можно изготовить изделия практически любой формы.

Рассмотрим в самых общих чертах, в чем различие кристаллизации и стеклования.

Как уже отмечалось, стекло образуется при затвердевании переохлажденной жидкости, т. е. жидкости, которая, охлаждаясь, «проскочила» температуру начала

кристаллизации, называемую также температурой ликвидуса. Почти любую жидкость удастся переохладить, и чем больше переохлаждение, тем кристаллизация энергетически выгоднее, так что рано или поздно жидкость должна была бы перейти в кристаллическое состояние. Однако с понижением температуры нарастает вязкость жидкости, что затрудняет структурные перестройки, необходимые для кристаллизации. Если скорость охлаждения велика, жидкость, не успев закристаллизоваться, станет столь вязкой, что затвердеет, превратив-

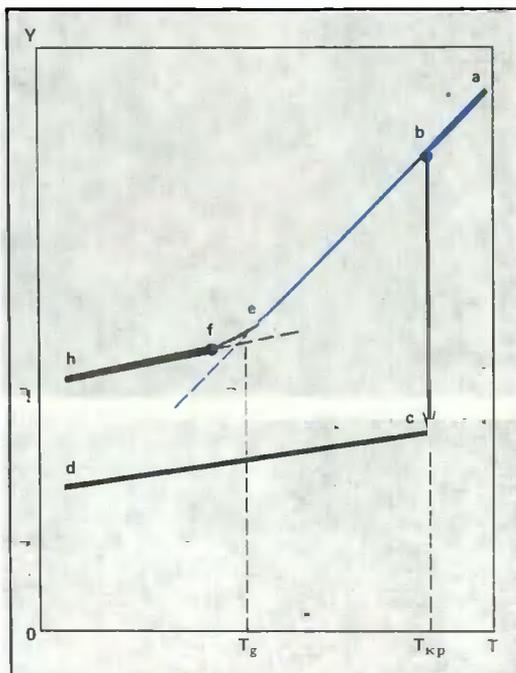


Диаграмма состояния — качественная зависимость некоторого термодинамического параметра  $Y$  (например, объема или энтальпии) от температуры  $T$  при кристаллизации (нижняя кривая) и стекловании (верхняя кривая) расплава. Участок  $ab$  относится к стабильному расплаву. В точке  $b$  при температуре  $T_{кр}$  происходит его кристаллизация, и рассматриваемый параметр скачком изменяется до величины (отмеченной точкой  $c$ ), присущей кристаллическому состоянию. На участке  $cd$  представлена зависимость для кристаллической фазы. Участок  $bc$  соответствует переохлажденному (метастабильному) расплаву. По мере снижения температуры его вязкость плавно увеличивается, и, в конце концов, затвердев, расплав переходит в стеклообразное состояние. Примерно в середине переходного участка  $ef$  температура достигает значения  $T_g$ , называемого температурой стеклования. На участке  $fh$  диаграмма состояния характеризует уже стекло.



Мозаики из смальты. [Мастерская Ломоносова.] «Петр I». Деталь панно «Полтавская баталия». 1762—1764 гг. [Ленинградский научный центр АН СССР]; столик, украшенный смальтами Усть-Рудицкой фабрики [г. Ломоносов, Китайский дворец].

Современная композиция из цветного стекла [автор Е. М. Никитин].

шись в стекло. Для каждого вещества существует своя критическая скорость — минимальная скорость охлаждения, при которой образуется стекло. Критические скорости для разных жидкостей изменяются в очень широких пределах: от десятых долей градуса за год до миллионов и даже десятков миллионов градусов в секунду. Это означает, что первые жидкости практически невозможно закристаллизовать, тогда как вторые чрезвычайно трудно получить в стеклообразном состоянии<sup>6</sup>. Как следует из теоретического и экспериментального изучения кристаллизации расплавов, критические скорости охлаждения тем меньше, чем больше вязкость жидкости при температуре кристаллизации, а также чем выше эта температура и теплота кристаллизации.

<sup>6</sup> Подробнее об этом см., напр.: Мазурин О. В., Порай-Кошиц Е. А., Шульц М. М. Стекло: природа и строение. Л., 1985.





### КАК РАССЧИТАТЬ СВОЙСТВА СТЕКОЛ

Анализируя переход расплавов в стеклообразное состояние, определяют роль отдельных факторов, от которых зависят критические скорости охлаждения, и пытаются описать структурные перестройки в жидкости при изменении температуры (с тем чтобы понять, какая структура «замораживается» в стекле) на основе современных теоретических представлений о природе жидкого состояния вообще и растворов в частности. Для этого используют различные модели (решеточную, свободного объема, регулярных и ассоциированных растворов и другие). В последнее время все большее внимание уделяется методу молекулярной динамики, в котором на ЭВМ решают уравнения движения совокупностей частиц, исходя из сведений о них и их взаимодействиях<sup>7</sup>. Такой микроскопический подход позволяет найти структуру,

равновесные свойства и динамические характеристики макроскопической системы. Он с успехом применяется к относительно простым (однокомпонентным) расплавам, но оказывается неэффективным при переходе к многокомпонентным, в частности, из-за усложнения выражения для энергии межчастичных взаимодействий.

Для практических применений важно знать, какими свойствами будет обладать изделие из стекла при заданном химическом составе и способе формования. Но для этого, как и обычно в химии, надо сначала найти структуру самого материала, а затем — зависимость его свойств от этой структуры.

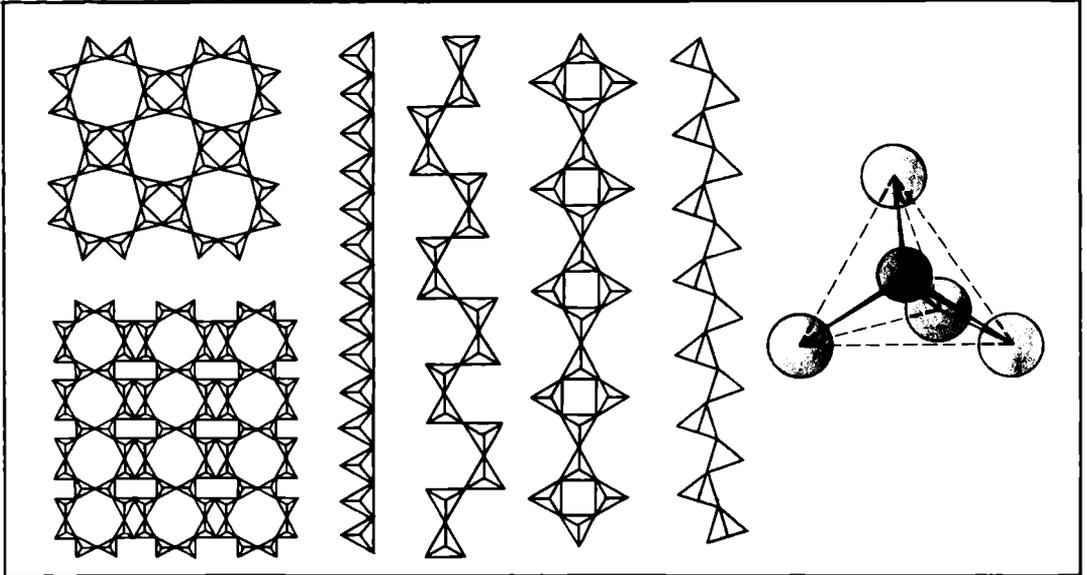
### ЧТО МЫ ЗНАЕМ О СТРУКТУРЕ СТЕКЛА

Структура вещества — очень широкое понятие, так что существуют разные уровни ее изучения. Один из основных вопросов при исследовании структуры: какими силами связаны между собой атомы вещества? Чтобы ответить на него, в принципе, надо знать конкретное распределение электронов в атомах и между ними. Если обратиться к стеклам, то сегодня еще очень далеко до полного понимания их

<sup>7</sup> О методе молекулярной динамики см., напр.: Орлов А. Н., Трушин Ю. В. Моделирование на ЭВМ радиационных дефектов и процессов в кристаллах // Природа. 1983. № 10. С. 34—43.

электронного строения. Пока мы имеем лишь весьма ориентировочные представления об эффективных зарядах тех или иных атомов, о движении электронов по межатомным орбиталям и т. д. Но как теоретические, так и экспериментальные работы в этом направлении ведутся довольно активно, причем последние — прежде всего теми методами, которые позволяют прямо определить электронное строение исследуемого образца. В первую очередь, это анализ его оптических свойств, в частности способности поглощать и испускать энер-

гетельно методами рентгенографии даже для очень сложных случаев. В стеклах все намного труднее: из-за отсутствия дальнего порядка в них нет той четкой дифракционной картины, по которой можно было бы рассчитать структуру, как в кристаллах. Однако исследование рассеяния рентгеновских лучей под большими углами позволяет построить кривые радиального распределения электронной плотности в стекле и по ним судить о числе «соседей» избранного атома, о расстояниях до них и т. д. Такие суждения сравнительно



Примеры сетчатых (слева) и цепочечных (в центре) структур, образованных из кремне-кислородных тетраэдров. В центре такого тетраэдра (справа) расположен атом кремния, а в вершинах находятся атомы кислорода, каждый из которых принадлежит двум соседним тетраэдрам и связывает их между собой, в результате чего и формируются сети, слои, кольца, ленты или цепи в стеклах и природных силикатах.

гию в видимой и прилегающих областях электромагнитного спектра. Ценную информацию дает также изучение взаимодействия электронов стекла с электромагнитными колебаниями других спектральных диапазонов: от очень коротковолновых (рентгеновские лучи) до длинноволновых (радиоволны).

Вопрос об электронной структуре нельзя отрывать от атомного строения вещества, от того, как расположены друг относительно друга атомы. В кристаллах эта задача решается вполне удовлетвори-

тельно для ближайших «соседей» (первой координационной сферы) и тем приближеннее, чем больше расстояние между атомами. Эта первичная информация о веществе уже дает многое, характеризуя его «кирпичики», из которых составляется его структура. Так, подтвердилось предположение, что силикатные стекла, как и кристаллические силикаты, состоят из элементарных тетраэдров, в центре которых находятся атомы кремния, а в вершинах — кислорода.

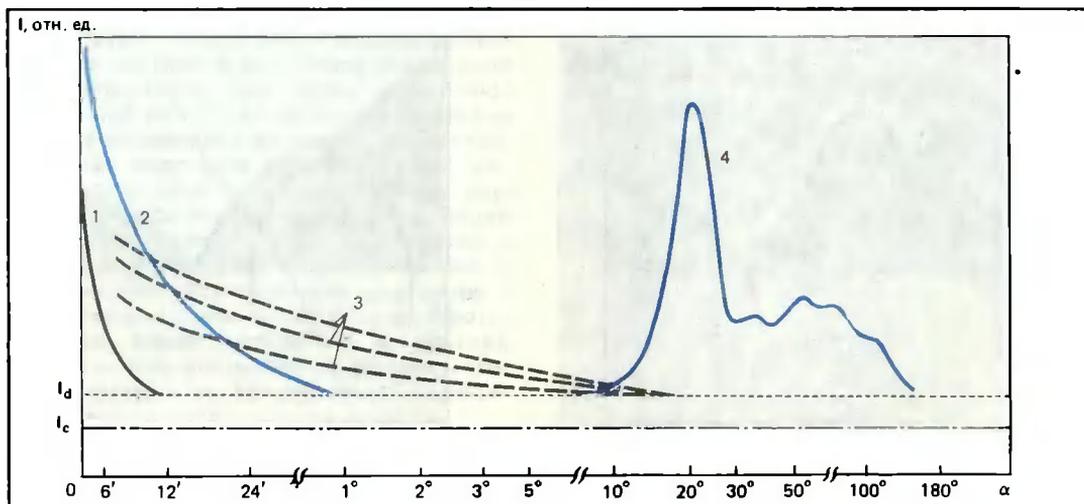
Из рассеяния рентгеновских лучей следует также, что в силикатных стеклах есть неоднородности. В связи с этим первоначально высказывалась (в частности, академиком А. А. Лебедевым) гипотеза о том, что эти стекла образованы из маленьких кристалликов — кристаллитов<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Подробнее об этом см., напр.: Андреев Н. С., Мазурин О. В., Порай-Кошиц Е. А. и др. Явления ликвации в стеклах / Под ред. М. М. Шульца. Л., 1974.

Вместе с тем на основе аналогичных исследований другими учеными выдвигались предположения о том, что стекло состоит из беспорядочно расположенных атомных групп и его структура однородна. Завязалась довольно длительная дискуссия, на начальном этапе которой представления о неоднородной и однородной структурах стекла противопоставлялись, но в итоге слились воедино, ибо по сути речь шла о разных сторонах одной проблемы. Действительно, структура оксидных стекол представлена элементоокислородными «группи-

ациями плотности наблюдаются и флуктуации концентрации. Однако и этот тип неоднородностей не специфичен для стекол, а характерен для любой жидкости сложного состава, в том числе для стеклообразующих расплавов.

В настоящее время в Институте химии силикатов (ИХС) АН СССР изучаются закономерности возникновения таких и аналогичных неоднородностей в структуре стекол. В частности, Е. А. Порай-Кошиц с сотрудниками разработал весьма совершенную методику экспериментов по рас-



Схематическое изображение вклада отдельных типов неоднородностей стекла в распределение интенсивности  $I$  рентгеновских лучей, рассеянных под разными углами  $\alpha$  (масштаб на различных участках горизонтальной оси различен): 1 — технологические неоднородности [размером 50—100 нм]; 2 — фазовые [2—100 нм]; 3 — кластеры, комплексы и другие образования [0,5—2 нм]; 4 — нерегулярности ближнего порядка [0,1—0,8 нм].  $I_d$  и  $I_c$  — уровни вариаций интенсивности, обусловленных тепловыми флуктуациями плотности и концентрации, соответственно. [По Е. А. Порай-Кошицу.]

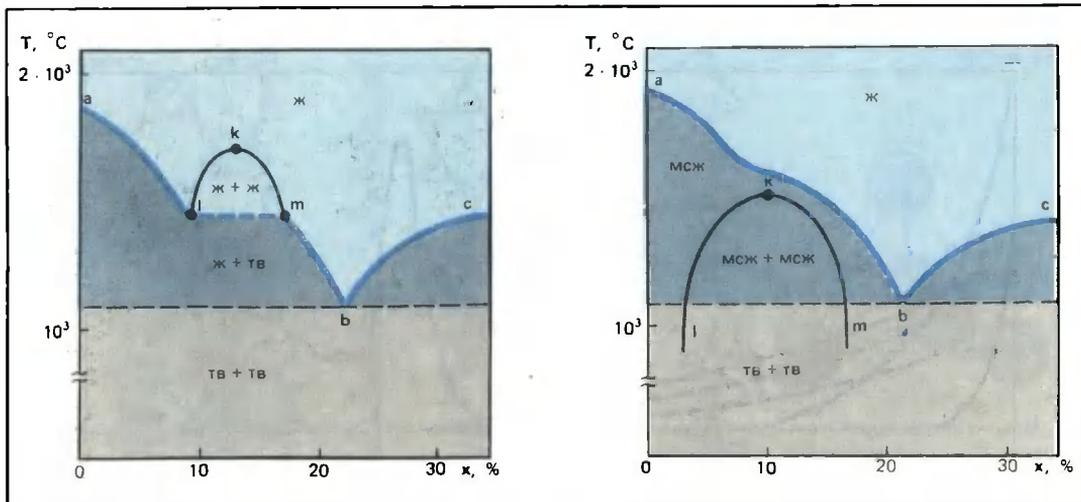
ровками» (чередованием атомов кислорода и тех или иных элементов), связанными в единую сетку и расположенными в ней неупорядоченно. Это не противоречит тому, что даже в простейших однокомпонентных стеклах, состоящих из окислов одного элемента, имеются неоднородности, скажем флуктуации плотности, присущие расплавам и «замороженные» в них при охлаждении. В стеклах более сложного химического состава наряду с флукту-

ациями рентгеновских лучей стеклами, позволившую обнаружить усиление рассеяния под очень малыми углами, исчисляемыми минутами. Это привело к выводу о том, что в исследованных силикатных стеклах существуют неоднородности сравнительно больших размеров (десятки, сотни и даже тысячи ангстрем). К тому времени уже были известны работы академика И. В. Гребенщикова, в которых при обработке стекол кислотами создавались пористые структуры с порами таких же размеров. Сначала эти результаты рассматривались как проявление химической неоднородности стекла, но в 1961 г. в ИХС Ф. Я. Галахов, сопоставив различные факты, объяснил наблюдаемую неоднородность стекол фазовым разделением в жидкости — метастабильной ликвиацией. Свообразие этого явления в том, что разделение фаз происходит ниже температуры начала кристаллизации, т. е. в метастабильной жидкости. Сегодня такое объяснение неоднород-

родности стекол выглядит почти очевидным. Дело в том, что давно известно разделение на две жидкие фазы в похожих расплавах щелочно-земельных силикатов, однако там оно наблюдается выше этой температуры (называемой также температурой ликвидуса). В таких расплавах температура расслоения тем ниже, т. е. тем ближе к температуре ликвидуса, чем слабее поле иона. Ионы щелочных металлов имеют еще менее сильные поля, поэтому разделение расплавов со щелочными добавками, в принципе, могло ожидать при

температурах ниже температуры ликвидуса. Однако только эксперимент подтвердил фазовое расслоение жидкостей в метастабильных состояниях.

Метастабильная ликвиация изучалась различными экспериментальными методами весьма тщательно, разработана и ее теория, связывающая способность к фазовому разделению в оксидных расплавах с «конкуренцией» ионов щелочных металлов и кремния в их «стремлении» соединиться с ионами кислорода. Эта конкуренция в свою очередь определяется эф-



Участок фазовой диаграммы состояния двухкомпонентного расплава, состоящего из стеклообразователя [ $\text{SiO}_2$ ] и модификатора. По горизонтальной и вертикальной осям отложены концентрация модификатора  $x$  и температура расплава  $T$ . Ц в е т н а я к р и в а я — линия ликвидуса, показывающая, как зависит от концентрации одного компонента температура, при которой из расплава начинает кристаллизироваться другая (на участке  $ab$  — стеклообразователь, на участке  $bc$  — модификатор или его соединения с диоксидом кремния). Если к стеклообразователю добавлен щелочноземельный оксид, например  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и т. п., разделение на фазы — ликвиация — происходит в стабильном расплаве, т. е. выше линии ликвидуса (с л е в а), если же модификатором служит щелочной оксид, скажем  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и т. п., кривая (нупол) ликвиации  $klm$  — граница различных фазовых состояний — лежит под линией ликвидуса, иными словами, разделение на фазы наблюдается в метастабильной (перезохлажденной) жидкости (с п р а в а). При ее затвердевании образуется фазово-неоднородное стекло. В области  $klm$  возможно сосуществование двух жидких фаз, а выше точки  $k$  — критической точки фазового разделения — жидкость однородна. В многокомпонентных системах фазовые диаграммы выглядят гораздо сложнее.

фективными зарядами взаимодействующих ионов и поляризуемостью атомов кислорода.

Фазовое разделение используется для получения пористых стекол. Процесс их производства основан на представлениях о «куполе» (форма кривой) ликвиации в двухкомпонентных и о соответствующих областях расслоения в более сложных расплавах. Теоретически и то, и другое можно описать с помощью термодинамики гетерогенных систем. Но пока эта задача точно не решена даже для двухкомпонентных расплавов, не говоря уже о практически более важных и сложных по составу. Поэтому соответствующие фазовые диаграммы строят, пользуясь разнообразными экспериментальными данными: по рассеянию рентгеновских лучей, электронной микроскопии, температурно-концентрационным зависимостям различных свойств. Знание диаграмм фазового разделения позволяет рассчитать соотношение масс различных фаз и их химический состав. Таким образом удается судить о струк-

туре фазового разделения — капельная она или каркасная, а по химическому составу фаз — и об их свойствах. Например, при разделении щелочного боросиликатного стекла на две фазы одна из них (обогащенная кремнеземом) оказывается химически устойчивой по отношению к действию кислот, а другая (щелочно-боратная) — легко выщелачивается, т. е. растворяется кислотами. Но такое фазовое разделение можно провести по-разному. Если щелочно-боратная фаза в виде отдельных капель вкраплена в фазу, богатую кремнеземом, то получится химически устойчивое стекло, напоминающее кварцевое, но более легкоплавкое и технологичное, более удобное для получения новых видов стеклянных изделий, в частности для электровакуумной промышленности. Еще шире применяют полученное при разделении фаз пористое стекло с каркасной структурой. Такие стекла в виде порошков используют как молекулярные сита в хроматографии, для очистки лекарственных препаратов, вакцин и т. д. Получают из пористого стекла и массивные изделия в виде пластин. Заполняя поры такого стекла различными веществами, создают новые материалы (фотохромные, магнитооптические и другие), отличающиеся высокими потребительскими качествами и техническими характеристиками.

### ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СТЕКОЛ

Обсудив некоторые общие представления о природе стеклообразного состояния, обратимся к химии стекла<sup>9</sup>. Понятие это очень широкое, включающее практически все, что касается как индивидуальных, так и общих закономерностей строения и свойств стекол, связанных с их конкретной химической природой, начиная с химической связи и кончая особенностями стекла как материала. Конечно, еще очень далеко до достаточно полного понимания и тем более количественного описания зависимости свойств стекол от их химического состава. Однако некоторые общие положения и взгляды в этой области уже сформировались. Мы в дальнейшем обратимся к оксидным стеклам — наиболее распространенному и практически важному классу стекол, изученному наиболее полно. Вмес-

те с тем надо отметить, что этот класс в химическом отношении сложнее других.

Основой подобных стекол служат так называемые оксиды-стеклообразователи, которые без каких-либо добавок сравнительно легко превращаются в стекло. Это, прежде всего, диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ) — главная составная часть силикатных стекол, а также оксиды бора ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и некоторых других элементов. Из них получают однокомпонентные стекла с пространственными каркасами, состоящими из упомянутых элементо-

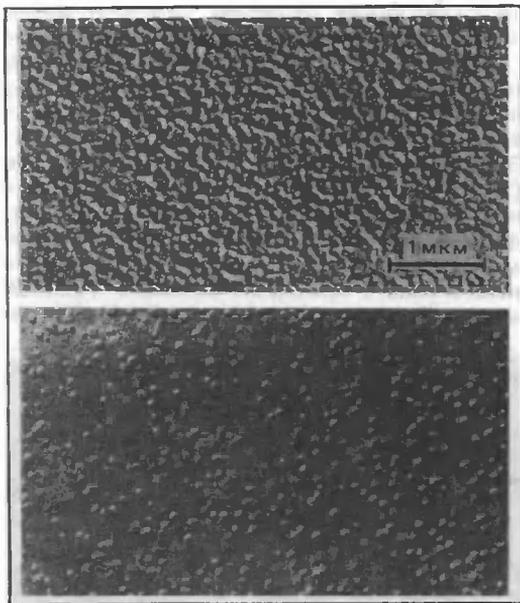


Платиновые тигли для выплавки стекла.



Отливка брусков из стекла.

<sup>9</sup> Подробнее см.: Шульц М. М. О химическом строении стеклообразующих расплавов и стекол // Стеклообразное состояние. Л., 1983.



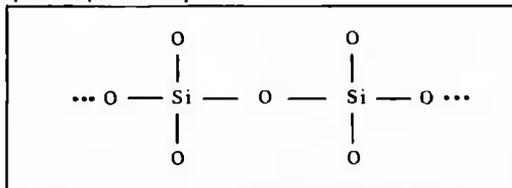
Каркасная (вверху) и капельная (внизу) структуры в фазово-неоднородном стекле. Снимок получен с помощью электронного микроскопа.

кислородных групп, в которых атомы кислорода, а также того или иного элемента расположены в вершинах и центре правильного многогранника. Среди однокомпонентных стекол наибольшее практическое значение имеет кварцевое (диоксид кремния, или кремнезем), отличающееся жаропрочностью, химической устойчивостью, стойкостью к резким перепадам температуры, а также обладающее ценными оптическими свойствами и высокой электроизоляционной способностью. Однако технология его изготовления сложна, да и необходимая температура весьма высока. Чтобы снизить рабочую температуру и придать стеклу дополнительные полезные свойства, к кремнезему добавляют другие оксиды, прежде всего щелочные и щелочно-земельные (их обозначают символами  $M_2O$  и  $MO$ , соответственно). При этом необходимая температура нагрева снижается на 200—300 °С. Роль таких добавок (называемых модификаторами) в том, что они «разрыхляют» сетку химических связей в кремнеземе.

Оксиды-стеклообразователи, как правило, имеют кислотную природу, а оксиды-модификаторы — щелочную, но между ними нет резкой границы. В зависимости от химического состава стекла одни и те

же оксиды могут выступать то в роли стеклообразователей, то в роли модификаторов или даже в той и другой одновременно. Нередко в стекле присутствуют не один-два компонента, а гораздо больше, в том числе по меньшей мере два стеклообразователя, образующих смешанный каркас, как, скажем, в вышеупомянутых натриево-боросиликатных стеклах.

Свойства и структура стекол указывают на их аналогию с кристаллами того же химического состава. Уже говорилось о ближнем порядке. Можно отметить и другие признаки сходства в строении стекол и кристаллов. В связи с этим заметим, что в зависимости от концентраций двуокиси кремния и оксидов-модификаторов из расплавов или стекол могут выкристаллизовываться различные силикаты, подчиняющиеся закону кратных отношений<sup>10</sup>. Установлено, что с ростом концентрации щелочных элементов структура кристаллического силиката становится все более деполимеризованной, т. е. все большее число связей в кристаллической решетке разрушается. Если чистый диоксид кремния, как в кристалле, так и в стекле, имеет трехмерный каркас



из кремниево-кислородных тетраэдров, связанных друг с другом так называемыми мостиковыми атомами кислорода, которые служат своеобразными мостиками между атомами кремния, то дисиликаты ( $M_2O \cdot 2SiO_2$ ) имеют слоистую (двумерную) структуру, метасиликаты ( $M_2O \cdot SiO_2$ ) — ленточную (одномерную), а ортосиликаты ( $2M_2O \cdot SiO_2$ ) — островную. Иными словами, увеличение содержания модификатора влечет за собой ослабление связей между «элементарными» тетраэдрами, среди которых все большее число обладает немостиковыми (дефектными) атомами кислорода. В расплавах и стеклах по мере повышения концентрации щелочного оксида структура также все больше «разрыхляется»,

<sup>10</sup> Суть этого закона, открытого еще в 1803 г. Дж. Дальтоном, сводится к тому, что если два элемента образуют несколько соединений, то массы одного элемента, приходящиеся на одинаковые массы другого, относятся как целые числа. Так, в оксидах азота  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2O_3$ ,  $N_2O_4$ ,  $N_2O_5$  массы кислорода, приходящиеся на единицу массы азота, относятся как 1:2:3:4:5.

связи рвутся, ситуация напоминает происходящее в кристаллах. Отметим, что в расплавах, богатых щелочным оксидом, могут образоваться и другие структуры.

Если для кристаллов рентгеноструктурный анализ дает в большинстве случаев однозначный ответ на вопрос о структурных перестройках, то для расплавов и стекол это не так. Сопоставляя кристаллы и стекла (или расплавы), подчеркнем еще один момент: как уже упоминалось, химический состав кристаллов может меняться лишь дискретно, так что переходы от одной структуры к другой также будут скачкообразными. В стеклах же и расплавах состав может меняться непрерывно, поэтому в одном и том же расплаве не исключено одновременное существование различных структур. Даже если расплав по составу соответствует какому-то определенному кристаллическому силикату, то из-за диссоциации в нем будут существовать различные структурные формы, в которых, конечно, не повторяется полностью порядок взаимного расположения, присутствующий кристаллу.

Таким образом, создать структурную модель, скажем, щелочно-силикатных или щелочно-боратных расплавов и стекол чрезвычайно сложно. Тем не менее, пользуясь термодинамическими данными о реакциях образования щелочных боратов и силикатов, а также о свойствах расплава при заданном химическом составе, удастся оценить их содержание в расплаве и, стало быть, в стекле. В основе этих расчетов лежит предположение о применимости закона действующих масс к реакциям образования боратов или силикатов в расплавах<sup>11</sup>. Проверить достоверность этого предположения можно, решив обратную задачу, т. е. рассчитав, как меняется в расплаве химический потенциал или активность, например, оксида натрия, и сопоставив найденный таким образом результат с

экспериментально полученной зависимостью. Согласие, как правило, оказывается неплохим.

Обратим внимание на важный для понимания происходящего при стекловании факт: с повышением температуры дисиликат натрия ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ ) распадается на метасиликат натрия ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ) и диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ). При охлаждении расплава равновесие смещается в обратном направлении, так что расплав обогащается дисиликатом натрия и все более полимеризуется. При этом увеличивается вязкость, следовательно, равновесная структура по мере снижения температуры устанавливается все труднее. Так продолжается до тех пор, пока расплав окончательно не затвердеет, после чего его охлаждение уже не сопровождается структурными перестройками.

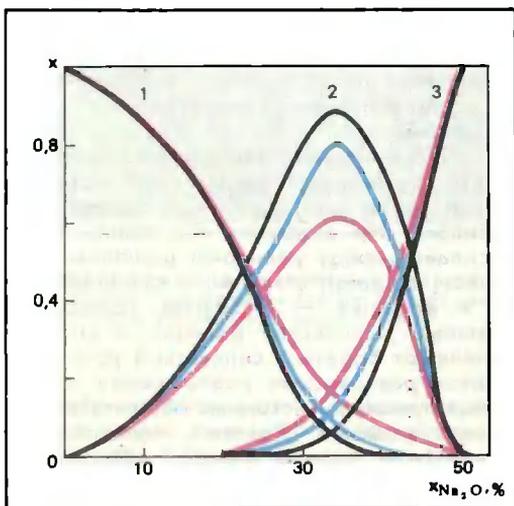
Остановимся подробнее на применимости закона действующих масс к образованию щелочных боратов и силикатов в расплаве. Не вызывает сомнений, что в расплаве между оксидами щелочных металлов, с одной стороны, и оксидами бора и кремния — с другой, происходят обычные химические реакции, в которых возникают бораты и силикаты и устанавливаются равновесные соотношения между концентрациями исходных веществ и продуктов реакций. Поэтому, казалось бы, формально записав реакции образования боратов или силикатов, можно выразить для них закон действующих масс стандартной формулой, приближенно заменив термодинамические активности оксида-стеклообразователя и продукта реакции их концентрациями. Однако закон действующих масс предполагает молекулярное строение расплава. При этом подразумевается, что в расплаве молекулы «выглядят» так же, как в формулах, и распределены статистически. Но ведь таких отдельных молекул расплава нет, и записанные в формулах их составные части — это просто-напросто символы образований, полимеризованных в той или иной мере в зависимости от отношения концентраций модификаторов и стеклообразователя. Впрочем бесспорно и то, что для каждой формы силикатов существует свой набор структурных образований, так или иначе распределенных в расплаве<sup>12</sup>. Таким образом, главная трудность заключена в том, что в стекле они вовсе не

<sup>11</sup> Согласно этому закону, вытекающему из законов термодинамики, равновесие химической реакции характеризуется величиной произведения так называемых действующих масс, или активностей (которые приближенно можно заменить концентрациями), исходных веществ и продуктов реакции в степенях с показателями, равными стехиометрическим коэффициентам, определяемым соотношениями между массами вступающих в реакцию веществ. Для продуктов реакции показатели положительны, а для исходных веществ — отрицательны. Это произведение называется константой равновесия химической реакции и находится экспериментально или рассчитывается по термодинамическим параметрам «участников» реакции.

<sup>12</sup> Шульц М. М. // Физика и химия стекла. 1984. Т. 10. № 2. С. 129—138; Shultz M. M. // J. Non-Crystalline Solids. 1985. Vol. 73. P. 91—101.

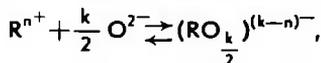
распределены статистически равномерно, ибо в определенной степени дальний порядок все-таки сказывается: в расплаве образуется некая структура, упорядоченность которой, по-видимому, тем больше, чем ниже температура. Конечно, в строгих статистических моделях все это должно учитываться, и в некоторых случаях соответствующие решения удается получить.

До сих пор речь шла только об одном типе взаимодействий в оксидных расплавах: кислотно-основном. Но химия стекла гораздо богаче. В частности, нельзя не



Зависимость относительного содержания  $x$  различных соединений: 1 — диоксида кремния  $[\text{SiO}_2]$ , 2 — дисиликата натрия  $[\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2]$ , 3 — метасиликата натрия  $[\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2]$  — в расплаве  $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  от концентрации  $x_{\text{Na}_2\text{O}}$  при температурах 800, 1000 и 1400 К (черная, синяя и красная кривые, соответственно).

упомануть и о своеобразных реакциях комплексообразования в оксидных расплавах:



где  $\text{R}^{n+}$  — положительный ион  $n$ -валентного модификатора;  $(\text{RO}_k)^{\frac{k-n}{2}-}$  — ком-

плексный ион с избыточным отрицательным зарядом, «встроенный» в сетку стеклообразователя (например, диоксида кремния), который определяет структуру стекла;  $k$  — константа равновесия реакции, рассчитываемая по термодинамическим характеристикам. Заряд комплексного иона

компенсируется зарядами ионов щелочных металлов, оксиды которых и поставляют дополнительный кислород, помогающий ионам модификатора внедриться в сетку химических связей, характерную для стекла.

Равновесные концентрации продуктов в таких реакциях определяются активностью оксида щелочного металла, т. е. в конечном итоге — его концентрацией. Впрочем, при одной и той же концентрации в ряду от лития к цезию активности оксидов и, стало быть, вероятности образования комплексов будут расти. Появление таких комплексов увеличивает вязкость стекол, химическую устойчивость, меняет и другие их свойства.

Заметно влияют на те или иные характеристики стекол, в особенности оптические, в том числе на их способность к окраске, и окислительно-восстановительные реакции в расплавах. Важно отметить, что, изменяя концентрацию, или активность ионов кислорода, можно смещать равновесие в этих реакциях в обе стороны: как к большим, так и к меньшим равновесным значениям концентраций. Это связано с тем, что одновременно с окислительно-восстановительными реакциями происходит и рассмотренное выше комплексообразование, а «склонность» к образованию комплексов у одного и того же элемента в разных валентных состояниях различна. Только совместное рассмотрение этих реакций помогает понять, как влияет кислотно-основное состояние расплава на содержание окисленной и восстановленной форм элементов переменной валентности.

Завершая разговор о химии стекла, отметим, что в опытах Ломоносова, направленных на получение различной окраски стекол, проглядывает именно анализ окислительно-восстановительных и кислотно-основных соотношений в расплавах. Это нетрудно заключить, обратившись к лабораторному журналу и другим запискам Ломоносова<sup>13</sup>.

Конечно, сегодня мы знаем о стекле неизмеримо больше, чем во времена Ломоносова, но можно с уверенностью сказать, что этот удивительный материал изучен еще далеко не полностью, еще далеко не все его замечательные свойства поставлены на службу людям, и нам ничего не остается, как повторить вслед за родоначальником отечественной науки: «Далече до конца Стеклу достойных хвал...»

<sup>13</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 2. С. 372—438.

## «Колумб Российский между льдами»

Н. А. Волков



Николай Александрович Волков, кандидат географических наук, председатель Полярной комиссии Географического общества СССР. В течение 25 лет руководил отделом ледовых прогнозов Арктического и Антарктического научно-исследовательского института Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Возглавлял полярные экспедиции, руководил научным обеспечением арктического мореплавания. Область научных интересов — морские льды и ледовые прогнозы в арктических морях.

Напрасно строга́я природа  
От нас скрывает место входа  
С брегов вечерних на восток.  
Я вижу умными очами:  
Колумб Российский между льдами  
Спешит и презирает рок.

М. В. Ломоносов.

В чреде текущих дел бывают моменты, когда возникает потребность оглянуться назад, оценить, что же сделано в решении проблемы, с которой была связана не только твоя жизнь, но и жизнь многих русских людей нескольких поколений.

Такой проблемой, потребовавшей от всего нашего народа и каждого человека, участвовавшего в ее решении, огромного напряжения сил, а от государства немалых средств, стала проблема Северного морского пути. А поводом для ее осмысления стало значительное событие в нашей культурной жизни — 275 лет со дня рождения Михаила Васильевича Ломоносова.

### ЛОМОНОСОВ И АРКТИКА

Пророческими стали слова, сказанные Ломоносовым более 220 лет назад: «Российское могущество прирастает Будет Си-

бирью и Северным океаном»<sup>1</sup>. Как никто из современников он понял политическое и хозяйственное значение Северного морского пути для России, а необходимость его освоения как историческую задачу. Это убеждение он выразил в поэме «Петр Великий»:

Колумбы Россские, презрев угрюмый рок,  
Меж льдами новый путь отворят на восток,  
И наша досягнет в Америку держава<sup>2</sup>.

К сожалению, на карте Арктики, изучению которой Ломоносов отдал более 20 лет жизни, на протяжении почти 200 лет для его имени не находили места. Это упущение исправлено советскими поляр-

<sup>1</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 6. С. 498.

<sup>2</sup> Там же. Т. 8. С. 703.

никами. Когда в 1948—1949 гг. высокоширотная воздушная экспедиция открыла гигантский подводный хребет, простирающийся на 1800 км от Новосибирских о-вов через весь океан до Земли Элсмера и возвышающийся над океанским ложем на 2500—3000 м, ему по праву было присвоено имя Ломоносова. Примерно в этом месте Ломоносов в 1762 г. предсказал наличие островов, влияющих на направление морских течений.

Интерес Ломоносова к Арктике носил поистине энциклопедический характер. Его заботила безопасность мореплавания в северных морях. Он первым ратовал за учреждение Морской академии для изучения морей и за создание сети метеорологических станций. Он прекрасно сознавал, что препятствием судоходству в северных морях является «стужа, а паче оные лед от ней же происходящий»<sup>3</sup>. Детство и юность Ломоносов провел на Белом море, где вместе с отцом ходил на рыболовный промысел. Юношеские наблюдения и опыт морских плаваний пригодились ему, когда он, уже будучи выдающимся ученым, приступил к разработке вопроса о возможном плавании Северо-Восточным проходом (так тогда называли Северный морской путь).

Основательно знакомясь с отчетами гидрографов, осуществлявших съемку побережья Сибири, он сделал вывод, что от Архангельска можно пройти морем вдоль берегов Сибири до Камчатки. Этому пути он справедливо отдавал преимущество перед Северо-Западным проходом через проливы Канадского архипелага, который в то время безуспешно пытались освоить англичане и датчане, и посвятил этой проблеме капитальную работу — «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию». В ней он высказывает ряд удивительно верных суждений о природе Северного Ледовитого океана.

Вопреки мнению некоторых видных географов того времени, утверждавших, что в центре Арктического бассейна располагается суша, Ломоносов на составленной им карте Северного Ледовитого океана показывает там открытый океан.

Он впервые оценил значение теплообмена между морем и атмосферой через ледяной покров, «умеряющий зимнюю стужу над морем»<sup>4</sup>. Не имея никаких дан-

ных наблюдений, Ломоносов, в результате только логических рассуждений, дал удивительно правильную схему циркуляции вод и льдов в океане, указав, что причиной дрейфа являются ветер и течения.

Ломоносов первым разработал классификацию морских льдов, дав объяснение природе айсбергов, ввел понятие «северное сияние», связав его происхождение с электричеством, и т. д.

В этой же работе Ломоносов приводит свой детально разработанный проект морской экспедиции от Белого моря к Берингову проливу. Уверенный в реальности достижения поставленной цели, Ломоносов убедил в этом и адмирала В. Я. Чичагова, который взялся возглавить такую экспедицию.

Благодаря стараниям Ломоносова, экспедиция в научном отношении была обеспечена как ни одна из прежних русских и иностранных полярных экспедиций, но, к сожалению, маршрут похода, выбранный Ломоносовым и утвержденный Адмиралтейств-коллегией, был изменен. Вместо следования к Новой Земле и далее вдоль берегов Сибири на восток, как вначале и планировалось, парусникам Чичагова предписывалось направиться к Шпицбергену, откуда проложить курс через центральную часть океана. Абсурдное, исходя из сегодняшних знаний, решение (к северу от Шпицбергена океан покрыт почти сплошным многолетним тяжелым льдом) было принято под влиянием неверных представлений о существовании в полярном море пространств чистой воды.

Дело в том, что на многих голландских и английских географических картах с XIV в. в районе Северного полюса изображалось незамерзающее море. Ученые считали, что, поскольку на полюсе полгода светит солнце, лед там должен неизбежно растаять, тем более что на север направлено теплое течение. Эти представления активно поддерживали и пропагандировали немецкий географ А. Петерман, французский гидрограф Г. Ламбер и др., вплоть до 70-х годов (I) прошлого столетия. Живучесть этой гипотезы привела к тому, что австрийская экспедиция на судне «Тегетхоф» под руководством К. Вайпрехта и Ю. Пайера (1872—1874 гг.), подобно экспедиции Чичагова, также пошла на север. Экспедиция, побывав на архипелаге островов, названных Землей Франца-Иосифа, едва не погибла. После двух зимовок во льдах находящийся в отчаянном положении экипаж судна был спасен у берегов Новой Земли

<sup>3</sup> Там же. Т. 6. С. 457.

<sup>4</sup> Там же. С. 459.

русскими поморами. Кстати, кормщиком поморской шхуны был Ф. Воронин, предок прославленного ледового капитана В. И. Воронина.

Но вернемся к русской экспедиции. В течение двух лет в 1765—1766 гг., уже после смерти Ломоносова, Чичагов пытался проникнуть в Арктический бассейн, но каждый раз к северу от Шпицбергена встречал тяжелые льды и поворачивал обратно. Но несмотря на постигшую экспедицию неудачу, ее труды были весьма высоко оценены — впервые были получены достоверные сведения о природе высоких широт.

Убедившись в том, что Северный Ледовитый океан покрыт тяжелыми льдами, преодолеть которые парусные суда не могут, Адмиралтейств-коллегия потеряла интерес к дальним плаваниям в арктических водах. Они оказались не под силу современникам Ломоносова. Мечта Ломоносова была воплощена в жизнь спустя почти 200 лет. Его последователям пришлось преодолеть немало препятствий, и прежде всего предубежденность противников. Еще не так давно, в конце XIX в., адмирал С. О. Макаров, встречая сопротивление и непонимание, косность и равнодушие правительства и чиновников, когда речь заходила об освоении морского пути из Архангельска в устье Оби и Енисея, с горечью констатировал: «Говорят, что непоборимы торосы Ледовитого океана; это ошибка, торосы поборимы: непоборимо лишь людское суеверие»<sup>5</sup>.

### «ВСТРЕЧ СОЛНЦУ»

Есть прямая зависимость между развитием производительных сил, уровнем достроения и освоением морских трасс. В древности зверобойный промысел и рыболовство были основой экономики беломорских поморов. Плавая по Белому морю, они вполне обходились беспалубными лодьями, но когда вышли за его пределы, стали строить более крупные суда, однопалубные кочи с прямыми парусами. Лодьи и кочи имели ряд преимуществ перед западноевропейскими судами. Мелкая осадка позволяла им успешно плавать у берегов, а корпус кочи яйцевидной формы — противоборствовать сжатую льдов. Задолго до норвежцев и англичан русские вышли в арктические воды, плавали к Вайгачу и Новой Земле, а начиная с XV в. — к Шпиц-

бергену. Умело обходя ледяные массивы, по рекам и волокам пересекали Ямал, и в 1601 г. основали в устье Таза «златокипящий» город Мангазею. Ниоткуда не поступало в казну так много соболей и песцов, как из этого заполярного городка. К этому времени западные мореходы уже освоили долгий и опасный торговый путь в Индию вокруг Африки. За монопольное владение им то и дело разгорались сражения между морскими державами, и в первую очередь между Испанией, Португалией и Англией.

Географы эпохи Возрождения, основываясь на сведениях, проникавших из России, предложили использовать более короткий путь в Китай и Индию через полярные моря. Но в лучшем случае иноземные суда в XVI и XVII вв. доходили до Новой Земли и возвращались обратно.

А русские мореходы-промышленники, продолжая движение «встреч солнцу», в первой четверти XVII в. обогнули Таймыр и вышли в море Лаптевых. Об этом свидетельствуют находки остатков русской экспедиции, зазимовавшей и погибшей на о. Фаддея в заливе Симса, обнаруженные советскими гидрографами в 1940 г.

Одновременно сухопутные отряды казаков, преодолев огромные пространства Восточной Сибири, достигли устья Колымы. В 1648 г. произошло выдающееся географическое событие. Промышленник Ф. Попов и казак С. Дежнев обогнули Чукотский п-ов и вышли в Тихий океан. Но об этом не суждено было узнать современникам. Челобитные Дежнева об открытии им пролива между двумя материками затерялись в якутских архивах и были обнаружены лишь спустя 100 лет.

Вопрос о северных и восточных границах России заинтересовал Петра I. По его инициативе была проведена Великая Северная экспедиция, задачей которой стала невиданная по масштабам планомерная съемка берегов Сибири. Балтийские и беломорские моряки, штурманы и матросы за десять лет (1733—1743 гг.), продвигаясь на дубль-шлюпках, собаках и оленях, нанесли на карты все побережье от Канина Носа до устья Колымы. Появились первые географические карты, на которых береговая черта Сибири впервые была показана на основе полуинструментальной съемки. А в Арктике, на мысах и островах, осталось немало могил первопроходцев, погибших от цинги и лишений.

Ломоносов внимательно следил за результатами работ гидрографических отрядов и всячески поддерживал интерес к Арктике. Но не стало Ломоносова, и идея

<sup>5</sup> Макаров С. О. Ермак во льдах. Ч. 1. СПб, 1900. С. 337.

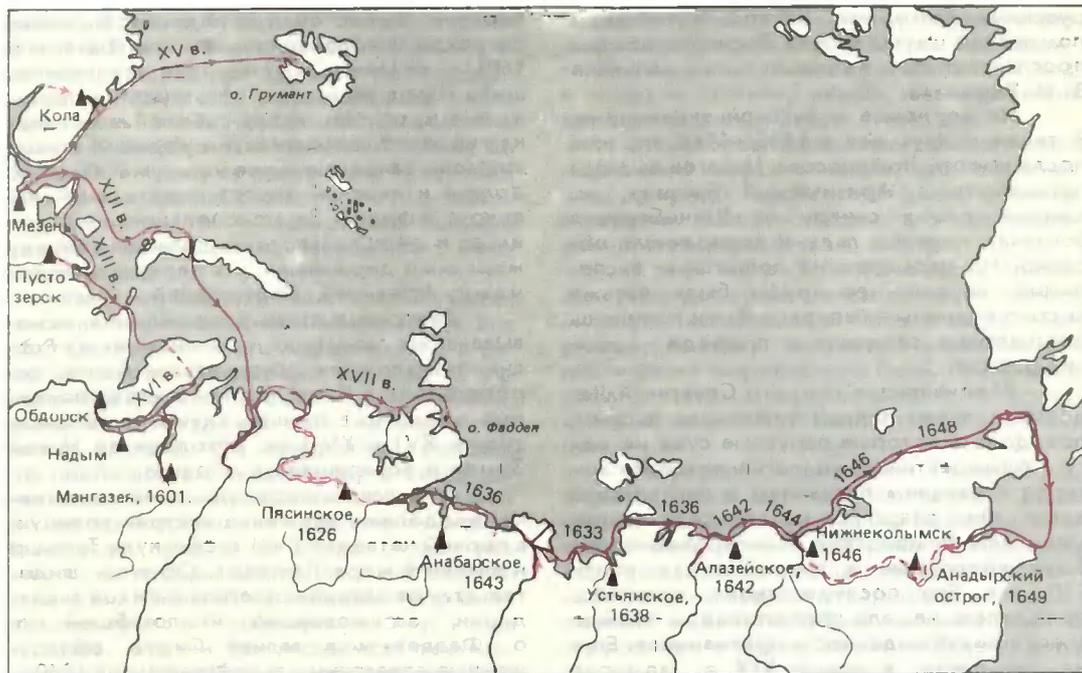


Схема продвижения русских первопроходцев на отдельных участках Северного морского пути с XIII по XVII в.

- 1633 Морские пути и время их освоения  
 --- Речные пути и волоки  
 ▲ Зимовья

дальних плаваний в Северном Ледовитом океане была предана забвению.

Но мысль Ломоносова не умерла. В 20-х годах XIX в. русский флот вышел на океанические просторы, наступила эпоха кругосветных походов. Взоры передовых русских людей все чаще и чаще обращались к Арктике. Гидрографическое управление возобновило работы на Севере, на этот раз была поставлена задача привязать съемку к астрономическим пунктам и сделать опись берегов и островов. Усилиями выдающихся морских гидрографов Ф. П. Литке, П. К. Пахтусова, П. Ф. Анжу, Ф. П. Врангеля и др. к концу 30-х годов были созданы новые, более точные карты арктических берегов и лоцийные очерки, которым суждено было служить почти столетие.

И снова наступила пауза. Как в России, так и на Западе в то время господствовало представление, что плавания вдоль северных берегов Евразии практического значения иметь не могут. Это суждение поддерживали даже такие видные ученые, как президент Русского Географического общества Литке и петербургский академик К. Бэр. Оба они, ссылаясь на опыт собственных путешествий, которые пришлось как раз на годы необычной большой ледовитости, считали, что Карское море представляет собой «ледяной погреб». Можно думать, что мнение таких авторитетов задержало начало опытных рейсов к устью Енисея на несколько десятилетий.

В 60-х годах XIX в. известные сибирские торгово-промышленные деятели М. К. Сидоров, А. М. Сибиряков и др., стремясь найти выход сибирскому хлебу и сыру на внешние рынки Европы, а взамен беспощинно ввозить европейские промышленные товары, вновь обратили внимание на морской путь, суливший немалые выгоды и более быстрый подъем экономики Сибири.

Тем не менее попытки проложить этот путь неизменно заканчивались неудачами, что дало основание крупнейшему полярному исследователю того времени Литке заявить, что «морские сообщения с Си-

бирью принадлежат к числу вещей невозможных»<sup>6</sup>.

Даже успешное плавание в 1877 г. шхуны «Утренняя заря» под командованием Д. И. Шваненберга, доставившей с Енисея и Курейки в Петербург меха, рыбу и графит, не произвело впечатления на тогдашнее правительство. Одна ласточка весны не сделала! В среде царских чиновников и промышленных деятелей находилось немало противников идеи регулярных ледовых плаваний. Преодолеть их сопротивление сибирским купцам даже при поддержке таких авторитетов, как Д. И. Менделеев, С. О. Макаров и др., оказалось не по силам. Сидорова, употребив весь свой капитал на развитие морского пути, вконец разорился. Сибиряков в конце концов покинул Россию и в безвестности кончил

жизнь на юге Франции. Умер он не в 1893 г., как свидетельствует Большая Советская Энциклопедия (т. 23, с. 1012), а в 1933 г., вероятно так и не узнав, что его имя, благодаря беспримерному походу по Северному морскому пути в 1932 г. ледокольного парохода «А. Сибиряков», стало всемирно известным.

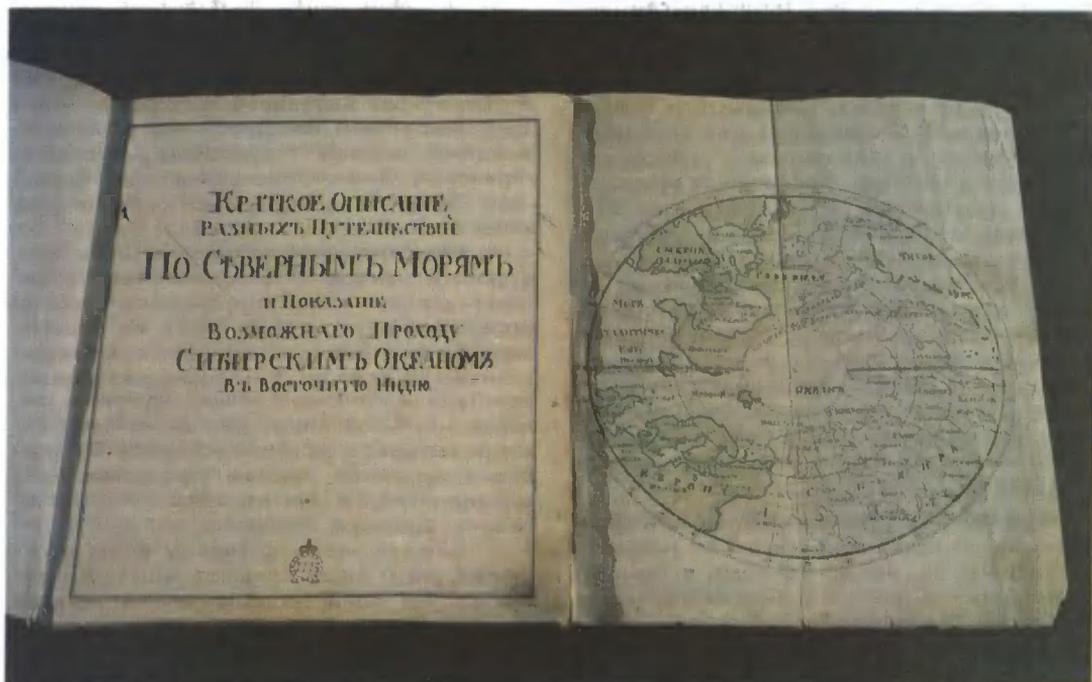
Заметным событием, снова привлекавшим внимание широкой общественности к проблеме Северного морского пути, стала экспедиция на судне «Вега» под руководством шведского исследователя Н. А. Э. Норденшельда. Снаряженная на шведские и русские средства, экспедиция впервые прошла путь от Архангельска до Берингова пролива. Однако, оценивая результаты похода, растянувшегося на два года, Норденшельд сделал вывод, что «Северный морской путь в целом, насколько до сих пор исследован, положение льдов в Ледовитом океане, едва ли будет иметь значение для торговли»<sup>7</sup>.

Необходимы были коренные изменения социально-экономических условий в стране, чтобы решение проблемы Северного морского пути стало на уровень общегосударственных задач. Надо было создать технические условия для активного и безо-

<sup>6</sup> Визе В. Ю. Моря советской Арктики. Л., 1939. С. 182.

Титульный лист рукописи Ломоносова «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного прохода Сибирским океаном в Восточную Индию» и полярная карта, составленная Ломоносовым к этому описанию. Государственная публичная библиотека им. М. Е. Салтыкова-Щедрина.

<sup>7</sup> Норденшельд А. Э. Шведская полярная экспедиция 1878—1879., СПб, 1880. С. 198.



пасного плавания во льдах. Это время приближалось.

В марте 1899 г., взломав балтийский лед, в Кронштадтскую гавань вошел ледокол «Ермак», детище адмирала Макарова. Но мечте Макарова построить второй ледокол и тандемом пройти «к полюсу напролом» не суждено было сбыться. За неимением работы в Арктике ледокол на тридцать с лишним лет упрятали в Финский залив, и только в 1934 г. он вышел на арктический простор.

В 1900 г. произошло другое событие, сыгравшее огромную роль в развитии арктического мореплавания. А. С. Попов осуществил первое практическое применение изобретенного им радио. Деша, посланная им из г. Котка, была адресована командиру ледокола «Ермак», занятому спасательными работами севшего на камни у о. Гогланд броненосца «Генерал-адмирал Апраксин». Вскоре для обслуживания судов на трассе Архангельск — устье Енисея были построены первые радиостанции. Появилось радио и на торговых судах.

Вслед за ледоколами и радио подоспело и третье изобретение, применение которого значительно ускорило освоение Арктики, — самолет. Успехи отечественной авиации предопределили, что первые полеты в Арктике совершил в 1914 г. русский военный летчик Я. И. Нагурский с целью поисков экспедиций Г. Я. Седова, а впервые для ледовой разведки самолет использовал в 1924 г. Б. Г. Чухновский.

Крупным событием стала проведенная в 1910—1915 гг. Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана на специально построенных для этой цели в Петербурге ледокольных пароходах «Таймыр» и «Вайгач». В отличие от всех русских и зарубежных экспедиций конца XIX и начала XX вв. (Ф. Нансена, Р. Пири, Р. Амундсена, Г. Я. Седова, В. А. Русанова, Г. Л. Брусилова и др.), организуемых на частные средства и по личным планам, эта экспедиция была крупным государственным мероприятием и носила комплексный характер. Экспедиция закрыла многие белые пятна на картах северных морей. Были открыты новые острова, в числе которых южный остров архипелага Северная Земля.

В 1914—1915 гг. на «Таймыре» и «Вайгаче» было совершено сквозное плавание с востока на запад. И хотя в отчетах экспедиции не было и намека на необходимость и возможность использования Северного морского пути для транспортных перевозок, надо признать, что ее деятель-

ность оживила интерес к Арктике и способствовала началу торгового мореплавания из Владивостока в устье Колымы. Первый такой рейс в 1911 г. совершил на пароходе «Колыма» капитан П. Я. Траян.

## ЭТАПЫ ПЛАНОМЕРНОГО ОСВОЕНИЯ

Планомерно, последовательно и с небывалым размахом освоение Северного морского пути началось после Великой Октябрьской социалистической революции. Еще не отгремели бои на фронтах гражданской войны, а по указанию В. И. Ленина в 1920 г. была создана Северная научно-промысловая экспедиция, ставшая затем Арктическим научно-исследовательским институтом. Год спустя был организован Плавучий морской научный институт, районом деятельности которого стал Северный Ледовитый океан и прилегающие к нему побережья.

Начался новый этап освоения Северного морского пути, который стал необходим нашей стране для развития производительных сил Крайнего Севера и подъема экономики и культуры местного населения.

Уже в 1920 г. начались регулярные, так называемые Карские, экспедиции из Архангельска в устье Оби и Енисея, а затем и снабженческие Колымские операции на Дальнем Востоке. В Арктику двинулись отряды геологов, которые вскоре обнаружили на Таймыре, Чукотке и в других районах запасы ценных полезных ископаемых. Первыми морскими экспедициями в Чукотское, Баренцево и Карское моря был закреплен приоритет над принадлежащими нашему государству островами Врангеля, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли и другими, на которые уже начали посягать иностранцы.

Одновременно побережье стали оборудовать маяками, морские трассы — навигационными знаками, были выполнены промеры на судоходных путях. На береговых мысах и островах строились метеорологические станции, а морские экспедиции приступили к планомерному изучению режима морей. В конце 20-х и начале 30-х годов интерес к Арктике усилился. В Заполярье возникли первые промышленные предприятия, а на их базе — города Игарка, Дудинка, Норильск.

Каждая эпоха по-своему формирует людей, но и люди создают эпоху. Арктика, как ни один географический регион, сортирует людей, отбирая тех, кто ей нужен. Но можно сказать, что отбор идет обоюдный. Люди тоже выбирают дело по

своим силам и стремлениям. В те годы широко стали известны имена полярных исследователей Р. Л. Самойловича, О. Ю. Шмидта, В. Ю. Визе и др.

Идеологом проблемы освоения Северного морского пути, несомненно, стал В. Ю. Визе — ученый теоретического склада. С его именем связана первая русская экспедиция на Северный полюс под руководством Г. Я. Седова, первые шаги в изучении ледяного покрова и климата арктических морей, в создании основ ледового прогнозирования.

Удивительно точно почувствовал и оценив возможности и перспективы освоения Арктики и значение ее для решения назревших народнохозяйственных проблем, Визе, вопреки господствовавшим тогда взглядам, предложил осуществить сквозной рейс по этому пути за одну навигацию.

«Дайте нам корабль,— обращался Визе к руководителям партии и правительства,— и мы докажем, что советские полярники смогут пройти из океана в океан. И так пройти, как никто до них не ходил»<sup>8</sup>. Поход под руководством О. Ю. Шмидта состоялся в 1932 г. на ледокольном пароходе «А. Сибиряков» и полностью оправдал надежды его инициаторов. Более того, он стал решающим событием, ускорившим осуществление многовековой мечты перелетов русских людей.

По словам Визе, этот поход всю историю Арктики разделил на два периода — до «Сибирякова» и после «Сибирякова».

До «Сибирякова» наши знания о природе арктических морей были весьма скудны и поверхностны, накапливались с огромным трудом в течение столетий и большей частью в результате неудачных экспедиций. Именно это обстоятельство не только у иностранных, но и у ряда советских исследователей и государственных деятелей вызывало пессимистическую оценку возможности регулярного судоходства по этой трассе. А что она была труднейшей, не вызывало ни у кого и малейших сомнений.

Вот что писал, в частности, крупный полярный авторитет гидрограф Л. Л. Брейтфус накануне похода «А. Сибирякова»: «Исходя из имеющегося опыта, можно с уверенностью говорить о том, что в нашу геологическую эпоху не приходится счи-

таться с Северным морским путем как транзитной морской трассой»<sup>9</sup>.

В те годы даже в академических и правительственных кругах было немало людей, ратовавших не за освоение Северного морского пути, а за строительство трансарктической железнодорожной магистрали от Белого до Берингова моря. Но восторжествовала другая точка зрения.

Руководители экспедиции Шмидт и Визе четко сформулировали, что главным условием успешного превращения Северного морского пути в нормально действующую магистраль является «детальное изучение арктических морей в физико-географическом отношении, в особенности ледового режима и факторов, под воздействием которых этот режим изменяется»<sup>10</sup>.

В том же 1932 г. было создано Главное управление Северного морского пути, а его начальником назначен О. Ю. Шмидт. Перед Управлением была поставлена задача «проложить окончательно Северный морской путь от Белого моря до Берингова пролива, оборудовать этот путь, держать его в исправном состоянии, обеспечить безопасность плавания по этому пути»<sup>11</sup>. На это уникальное в своем роде Управление легла также задача практического руководства хозяйственной деятельностью всех создаваемых на Крайнем Севере организаций.

В 1933 г. в устье Лены известным полярником Б. В. Лавровым впервые был проведен караван судов с грузом для Якутии. И хотя второе сквозное плавание, предпринятое в том же году на пароходе «Челюскин», закончилось неудачей, из Челюскинской эпопеи были сделаны правильные выводы. В навигации 1934 и 1935 гг., отличавшиеся сравнительно легкими ледовыми условиями, ледорез «Ф. Литке», пароходы «Ванцетти», «Искра», «Анадырь» и «Сталинград» прошли Северным путем в обоих направлениях. Вместе с тем стало очевидно, что безопасное гарантированное судоходство на арктических трассах невозможно без создания мощного ледокольного флота и организации ледовой авиационной разведки. Все это требовало немалого времени.

В 1936 г. Северным морским путем от Балтики до Владивостока должно было

<sup>8</sup> Визе В. Ю. // Проблемы Арктики. 1937. № 2. С. 173.

<sup>9</sup> Визе В. Ю. Северный морской путь. Л.: М., 1940. С. 48.

<sup>10</sup> Там же. С. 52.

<sup>11</sup> Там же.

пройти соединение военных кораблей. Командовал перегоним Шмидт. Год выдался сложным, и эту операцию удалось провести с большими трудностями, а ряд транспортных судов не дошел по назначению, и они возвратились неразгруженными.

Следующий, 1937 г. хотя и не был в ледовом отношении тяжелее предыдущего, принес большие потери. Почти весь флот, принимавший участие в навигации на западе Советской Арктики, более двух десятков судов и ледоколов, не смог вернуться и остался на зимовку. Три ледокольных парохода были увлечены дрейфующим льдом в Центральную Арктику. Только в следующем году «Малыгина» и «Садко» ледоколу «Ермак» удалось освободить из ледового плена, а третьему, «Г. Седову», суждено было провести в дрейфе 812 суток. Главные причины неудачи — плохо организованная авиаразведка льдов, недостаток ледоколов и неправильное их использование.

Горький опыт этой навигации многому научил полярников.

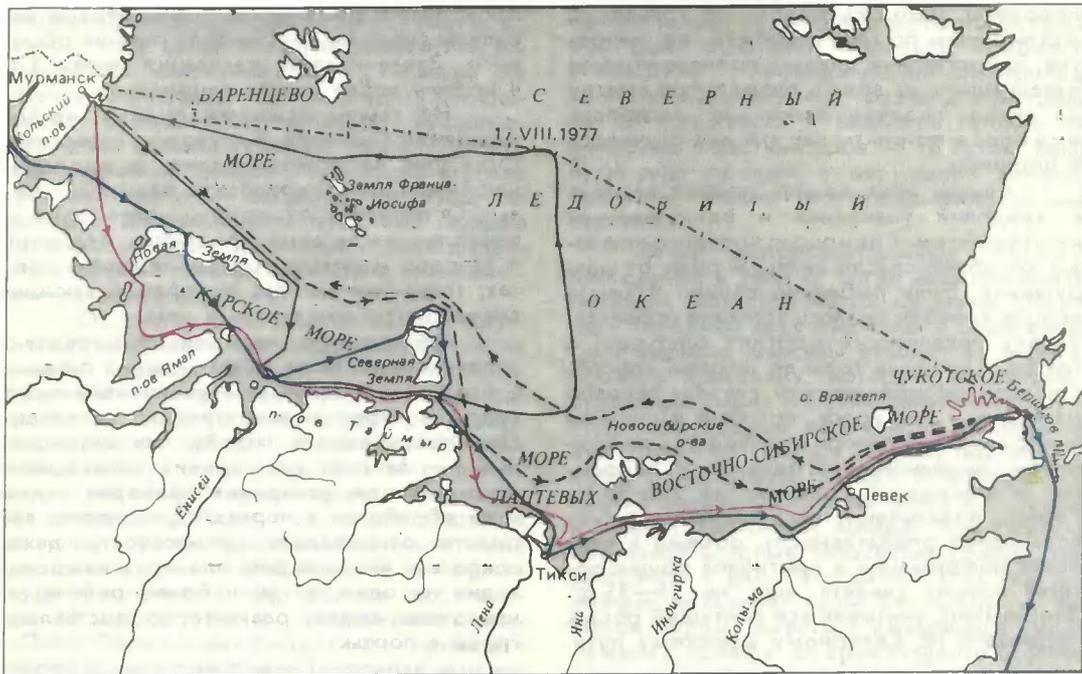
Прошел год, и на трассу пришли новые ледоколы, построенные на отечественных заводах. На вооружение полярной

авиации поступили более совершенные самолеты, предназначенные для многочасовых беспосадочных полетов. По всей трассе со временем были построены аэропорты и запасные аэродромы. И, наконец, была создана система научного обеспечения мореплавания, не имевшая до этого аналогов нигде в мире. Составными звеньями этой системы стали служба ледовой, гидрологической и метеорологической информации и прогнозов, создаваемые на время навигации непосредственно на трассе. Ими руководили специальные подразделения Арктического института.

В свое время автор этих строк оказался причастным к организации научно-оперативного обеспечения судоходства в восточных арктических морях и начинал ледовую авиаразведку. Нелегкое это было время. И не только потому, что в 40-е годы заканчивался период потепления Арктики и участились годы, когда то в одном, то в другом море складывались тяжелые ледовые условия. Планы перевозок быстро росли, а состав ледоколов и судов оставался прежним. Сухопутных аэродромов в Арктике не было. Летать приходилось на гидросамолетах или на легких одномоторных Р-5, совершенно не оборудованных для полетов в открытом море. И тем не менее эти самолеты оказывали неоценимую помощь судам, когда те застревали в ледовых перемычках. Летчикам нередко при-

Теплоход «Архангельск» у мыса Желания. 1985 г.





Маршруты выдающихся советских экспедиций по Северному Ледовитому океану. 17.VIII.1977 г. атомный ледокол «Арктика» достиг Северного полюса.

-  Ледокольный пароход «А. Сибиряков» (июль — сентябрь 1933 г.)
-  Пароход «Челюскин» (июль 1933 г.— февраль 1934 г.)
-  Дрейф «Челюскина».
-  Атомный ледокол «Арктика» (август 1977 г.)
-  Атомный ледокол «Сибирь» (май — июнь 1978 г.)

ходилось часами кружить над кораблями, выбирая в хаосе ледяных полей по еле заметным признакам проходы с более тонким льдом. Капитаны сразу оценили эффективность ледовой разведки и нередко, попав во льды, вызывали на помощь не ледокол, а самолет.

В 1941 г. Арктика стала театром военных действий. Фашистское командование намеревалось зайти на северном фланге в глубокий тыл нашим войскам и перерезать жизненно важные коммуникации, связывающие центральные районы страны с

Заполярьем и союзниками. Но соединения немецких подводных лодок, усиленные карманным линкором «Адмирал Шеер», не смогли прервать судоходства в арктических водах. Наоборот, северные трассы не только сохранили, но и усилили свое значение. Объем перевозок даже возрос, и, что важно, этот путь использовался для транзитных перевозок с востока на запад. Одной из самых важных морских операций 1942 г. явилась проводка из Берингова моря в Баренцево соединения военных кораблей, лидера «Баку», эсминцев «Разумный», «Разъяренный» и танкера «Локбэтан». Их перегон проходил в исключительно тяжелых ледовых условиях и был сопряжен с большим риском. Память сохранила критические дни этого перехода. Когда караван, обходя Врангелевский массив многолетних льдов, вошел в узкую прибрежную прогалину, ему стала угрожать еще одна опасность — сесть на мель. За мысом Ванкарем ветер внезапно переменялся, и массив медленно, но неуклонно стал теснить суда на берег. По команде начальника операций М. П. Белоусова караван развернулся в открытое море. Едва кораблям удалось оторваться от берега, как они были немедленно зажаты льдом. Лед набился под корпуса судов до дна и заклинил винты и рули. Положение сложилось критическое, ибо маломощные угольные

ледоколы, находясь рядом, не только не могли ничем помочь кораблям, но, напротив, представляли для них прямую угрозу: навалившись во время очередного сжатия на судно, ледокол легко мог распороть ему борт и потопить, как это уже случалось в прошлом.

Свыше двух недель провел караван в «ледовой упаковке» и единственным инструментом, с помощью которого команды кораблей спасли винты и рули от разрушений, были рыбацкие пешни. В конце концов корабли удалось успешно провести. Успеху арктических морских операций в трудные военные годы во многом способствовали набиравшие силу службы ледовой разведки и прогнозов, которые и снизили экономические потери судоходства по причинам, вызванным погодными и ледовыми условиями, в среднем на 20—30 %. Расчеты показывают, что в будущем за счет повышения оперативности, объема и точности информации и прогнозов общие потери можно снизить еще на 25—35 %. Это немало, учитывая все растущий объем перевозок по Северному морскому пути.

## НА ПУТИ К КРУГЛОГОДИЧНОЙ НАВИГАЦИИ

К 70-м годам объем ежегодных перевозок по арктическим трассам достиг нескольких миллионов тонн. Транспортные операции выполняли сотни судов, большинство из которых были специально построены для плавания во льдах. Обеспечивали судоходство пять новых линейных дизель-электрических ледоколов типа «Москва» мощностью 26 тыс. л. с., 3 ледокола типа «Капитан Воронин» мощностью 10,5 тыс. л. с. и ледоколы меньшей мощности. Флагманом ледокольного флота стал первый атомоход «Ленин» мощностью 44 тыс. л. с., построенный в 1959 г. на Адмиралтейском заводе в Ленинграде.

Возросла скорость проводки судов через ледяные массивы, и, главное, был снят дамоклов меч вынужденных зимовок или возврата недоставленных грузов, всегда угрожавший судоходству в сильно ледовитые годы. Продолжительность навигации возросла до 5 месяцев, причем произошло это даже на фоне некоторого ухудшения ледовых условий, вызванных очередным похолоданием Арктики, начавшимся в 50-е годы.

В практику вошла прокладка ледоколами каналов в припае Енисейского залива, пролива Вилькицкого и Чаунской губы до их естественного вскрытия. Это позволило

проводить в арктические порты первые караваны судов на 3—4 недели раньше обычного. Заканчивалась навигация через 3—4 недели после начала замерзания.

Но темпы освоения рудных месторождений Таймыра и Чукотки нарастали. Суда уже не успевали даже за продленную навигацию перевозить плановые грузы. Оставшаяся от предыдущего года и накопленная за зиму продукция рудников и заводов мертвым грузом лежала в портах, тогда как заводы, перерабатывающие сырье, остро нуждались в нем.

Эту важную народнохозяйственную задачу можно было решить двумя путями. Старым, экстенсивным — увеличивая число судов и строя новые причалы и складские помещения в портах, или интенсивным — за счет расширения навигационного периода, ускорения проводки судов и их обработки в портах. При втором варианте открывалась возможность даже сократить число судов, планируя каждому судну не один, а три и более рейсов, и, что очень важно, равномерно доставлять грузы в порты.

Для этого требовалось значительно улучшить качество и объем ледовой разведки, распространить ее на период полярной ночи, что вызвало необходимость перехода от визуальных методов к инструментальным. Необходимо было разработать методы расчетов и прогнозов, которые позволили бы определять оптимальные сроки и маршруты каждой операции. Поскольку многие виды гидрографического «ограждения» в заливах и на речных участках с установлением ледяного покрова и наступлением полярной ночи переставали функционировать, необходимо было разработать новые, более совершенные способы навигационного обеспечения. Но самое главное — требовались еще более мощные ледоколы, способные преодолевать сплошной лед толщиной порядка 2 метров.

И такие ледоколы к середине 70-х годов были построены на ленинградских заводах.

Атомоходы «Арктика» и «Сибирь» мощностью 75 тыс. л. с. и мелкосидящие, но мощные дизель-электрические ледоколы типа «Капитан Сорокин», работающие на речных участках, позволили сначала приступить к экспериментальным зимним рейсам на трассе Мурманск — Дудинка, а начиная с 1978 г. проводить на ней круглогодичную навигацию.

Общая мощность советского ледокольного флота (не считая портовых ледоколов) с вводом в строй четвертого

атомохода «Россия» достигла 650 тыс. л. с., а при этом доля атомной энергетики на ледоколах составила 40 %. Расходы на эксплуатацию ледоколов и средств обеспечения судоходства поначалу вызвали сомнения в экономической эффективности зимних рейсов. Вопрос о целесообразности зимних навигаций вызвал дискуссию, но расчеты показали, что путь был избран правильный; при достижении определенного объема зимних перевозок они становились рентабельными.

Одновременно с организацией круглогодичной навигации на Дудинку возникла вторая крупная задача — транспортное обеспечение нефтегазовых месторождений на Ямале. Отсутствие на полуострове портов и малые глубины у берегов создавали большие трудности для доставки грузов — суда месяцами простаивали на рейде. Из-за частых штормов и сильного пригона льда немало грузов терялось. Возникла идея доставлять их не летом, а зимой, разгружая суда на кромке припая прямо в автомашины. В марте 1976 г. дизель-электроход «Павел Пономарев» был успешно проведен через льды и разгружен на припай, что заняло не больше времени, чем в первоклассном порту.

С тех пор зимние рейсы на Ямал, а затем и в другие пункты стали ежегодными. А главное — они позволили ускорить поисковые и строительные работы на берегу.

То, что произошло на Северном морском пути в период 1959—1978 гг., с полным основанием можно назвать научно-технической революцией. До этого мировая практика не знала примеров регулярного плавания транспортных судов в суровых зимних условиях по арктическим трассам. Знаменательным событием стал поход атомного ледокола «Арктика» к Северному полюсу в августе 1977 г., ставивший цель испытать атомоход в паковых льдах Центрального Арктического бассейна и исследовать высокоширотную трассу для ее практического использования. Расчет сроков этого похода, выбор маршрута и прогноз ледовой обстановки были выполнены Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом и блестяще подтвердились. За четверо суток атомоход дошел от кромки льда в море Лаптевых до полюса и столько же потратил на путь к чистой воде в Баренцевом море.

Этот поход показал, что в океане летом нет льдов, которые не мог бы преодолеть атомоход. И сразу встала задача раздвинуть временные рамки, начать транспортные операции в высоких широтах до

начала таяния льда. Такой экспериментальный рейс выполнил атомоход «Сибирь» в мае 1978 г., проведя дизель-электроход «Капитан Мышевский» с грузом для Магадана из Мурманска в Берингов пролив за рекордно короткий срок — 18 суток. Весь путь суда прошли в окружении десятибалльных льдов по рекомендованным курсам.

Опыт экспериментальных плаваний пригодился в 1983 г., когда Арктика вновь показала свой строптивый характер. Обычно к середине лета Айонский и Врангелевский ледяные массивы отходят от берега, образуя прогалину, которую используют суда. На этот раз массивы затеяли опасную игру, поочередно перекрывая единственную трассу на Певек и Колыму полями тяжелого многолетнего льда. В октябре лед плотно закупорил пролив Лонга и подходы к нему с востока и запада. При сжатиях возникали мощные торосистые гряды, упирающиеся в дно. Преодолеть этот лед линейные ледоколы были бессильны и, зажатые льдом, вместе с караванами судов лежали в дрейфе. Во время одного особенно сильного сжатия был раздавлен льдами и потонул теплоход «Нина Сагайдак». Навигация приняла весьма драматический характер.

Вот тут-то и сказали свое веское слово атомные ледоколы. В массивах ледовыми разведчиками были обнаружены полосы расслабления, по которым все суда были проведены по назначению и выведены обратно. Хотя навигация затянулась до декабря, она показала, что выработанная система обеспечения безопасности судоходства выдержала самое суровое испытание.

\*

Можно ли считать проблему Северного морского пути разрешенной? Сегодня магистраль успешно справляется с непрерывно растущими планами перевозок, с лихвой возвращая средства, вложенные в ее изучение и техническое оснащение. Но учитывая темпы развития производительных сил Крайнего Севера, в недалеком будущем неизбежно потребуются перевозить по арктическим трассам еще больший объем грузов, причем не только летом, но и зимой. Для этого прежде всего нужны еще более мощные ледоколы порядка 150 тыс. л. с. Над их проектами уже работают. Разумеется, под стать атомным богатырям должны быть и суда. Новая серия ледокольных судов типа «Игарка» отвечает таким требованиям.

А со стапелей Керченского судостроительного завода недавно сошел первенец серии судов, предназначенных для перевозок по принципиально новой технологии. Это ледокольно-транспортный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть» водоизмещением 61 тыс. л. с. с атомной энергетической установкой мощностью 40 тыс. л. с., способный преодолевать сплошной лед средней толщины. Такое судно может взять на борт 73 лихтера, каждый весом 450 т, груженными контейнерами, пакетами или машинами. Это судно, проходя по трассе без захода в порты, передаст буксирам лихтера, а на обратном пути примет их на борт с местной продукцией.

Прогресс в решении проблемы круглогодичной навигации во многом будет зависеть и от успехов полярной гидрологии и метеорологии. Для правильного планирования морских операций необходимо знание особенностей природных процессов в каждом регионе, и прежде всего ледового режима. Представление о средних, крайних и вероятностных характеристиках ледяного покрова — толщине льда, его сплошности, положения кромок на каждый момент навигации, — первое и необходимое условие заблаговременного планирования навигации.

Но и этого недостаточно. Чтобы уменьшить вероятность ошибок при планировании, необходим прогноз на весь период навигации. Такой прогноз по всем арктическим морям составляется в марте в нашем институте и в дальнейшем ежемесячно уточняется. Он дает более близкую картину ледовых условий, чем средние характеристики режима, но все же не безупречен. Мы имеем дело с чрезвычайно сложными процессами, где взаимодействует множество факторов, причем оценить влияние некоторых чрезвычайно трудно.

Составленный с учетом долгосрочного прогноза навигационный план уже в процессе морских операций уточняется на основе фактической ледовой и синоптической обстановки с учетом краткосрочных прогнозов.

Летом, когда число судов на трассе исчисляется сотнями, стало невозможным выполнять ледовую разведку для каждого судна или каравана, как это делалось раньше. Поэтому создана и проходит первый этап испытания автоматизированная ледово-информационная система — АЛИСА<sup>12</sup>.

Один из основных источников ледовой информации в этой системе — спутник «Космос-1500», оснащенный радиолокационной аппаратурой бокового обзора, специально предназначенной для дистанционного зондирования ледяных полей.

Кроме того, информацию передают специальные самолеты и вертолеты ледовой разведки, часть которых также оборудована аппаратурой для измерений различных параметров ледовых образований. Регулярную информацию о погоде, дрейфе и подвижках льда в центральных районах океана передают две дрейфующие станции «Северный полюс-27 и -28».

Важные сведения поступают от морских и воздушных экспедиций, осуществляющих океанографические съемки Северного Ледовитого океана и прилегающих районов по программам «Полэкс», «Разрез» и др. В арктических бюро погоды и специальных научно-оперативных группах информацию дешифрируют и используют для составления ледовых и синоптических карт, которые позволяют определить наиболее рациональные курсы каждому кораблю или каравану. Передаются курсы на суда фототелеграфом.

Не подлежит сомнению, что уже в ближайшей пятилетке начнется промышленное освоение новых минеральных ресурсов на севере Сибири. А это прежде всего повлечет за собой увеличение транспортных морских перевозок.

Усилиями советских людей мечта Ломоносова о Северном морском пути превращена в реальность. Став средоточием современных достижений науки и техники, наша национальная магистраль с каждым годом набирает силу. «Колумб Российский» уверенно следует между льдами.

<sup>12</sup> Труды АНИИ. Л., 1977. Т. 343. С. 6—16.

## «Прирастать будет Сибирью»

А. А. Трофимук, В. Д. Ермиков



Андрей Алексеевич Трофимук, академик, член Президиума Академии наук СССР, первый заместитель председателя Сибирского отделения АН СССР, директор Института геологии и геофизики им. 60-летия СССР СО АН СССР, научный руководитель программы «Сибирь». Научная деятельность направлена на обоснование генезиса нефти и газа, создание на территории Сибири и Дальнего Востока новых баз нефтедобычи, повышение эффективности поисков нефти и газа. Соавтор и ответственный редактор книг: Геология нефти и газа Западной Сибири. М., 1975; Геология нефти и газа Сибирской платформы. М., 1981; Непско-Ботубинская антеклиза — новая перспективная область добычи нефти и газа на востоке СССР. Новосибирск, 1986 и др. Герой Социалистического Труда, лауреат Государственных премий СССР, заслуженный деятель науки РСФСР.



Валерий Дмитриевич Ермиков, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель начальника Управления организации научных исследований Сибирского отделения АН СССР, ученый секретарь программы «Сибирь». Занимается проблемами орогенной тектоники, методологии и методики формирования и реализации целевых программ комплексного освоения природных ресурсов и развития производительных сил регионов страны. Соавтор книг: Справочник по тектонической терминологии. М., 1969; Очерк тектоники мезозоя Центральноазиатского пояса. Новосибирск, 1975.

Еще в 1764 г., более 220 лет назад, Михаил Васильевич Ломоносов пророчески предсказывал: «Российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном...» Это предвидение великого русского ученого блестяще подтвердилось. На огромных пространствах Сибири когда-то не было известно ни одного нефтяного или газового месторождения. Сейчас же в Западной Сибири создана крупнейшая в стране база газонефтедобывающей промышленности. Выявленные в Сибири запасы углей всех марок составляют более 80 % запасов СССР. Как в Западной, так и в Восточной Сибири обнаружены и разведаны месторождения черных, цветных, редких

и благородных металлов, агроруд — калия, фосфора, таких минеральных компонентов, как цеолиты, торфы, обогащенные солями фосфора, сапропелевые илы, использование которых повысит плодородие сибирских почв и продуктивность животноводства.

Сибирь стала основным поставщиком за рубеж углеводородного сырья и природных алмазов, каменных углей и других полезных ископаемых. Учитывая, что степень геологической изученности Сибири в сравнении с Европейской частью страны сравнительно невелика, можно предположить, что до конца века здесь будут открыты новые месторождения разнооб-

разного минерального сырья, которые смогут полностью удовлетворить растущие потребности не только нашей страны.

Огромные запасы минеральных, биологических, водных и других природных ресурсов Сибири предопределили бурное промышленное и сельскохозяйственное освоение этого края. В настоящее время Сибирь, на территории которой проживает 8 % населения страны, дает более 10 % всего национального дохода СССР, более 50 % всего топлива, свыше 25 % деловой древесины, примерно 12 % зерна, 10 % молока, 9 % мяса и др. В перспективе роль Сибири в народном хозяйстве будет возрастать.

На развитие народного хозяйства Сибири были выделены огромные средства, для этой цели был сосредоточен крупный научно-технический потенциал. В 1957 г. создано Сибирское отделение АН СССР, призванное решать сложнейшие задачи по ускорению научно-технического прогресса, увязать их с особенностями развития этого региона.

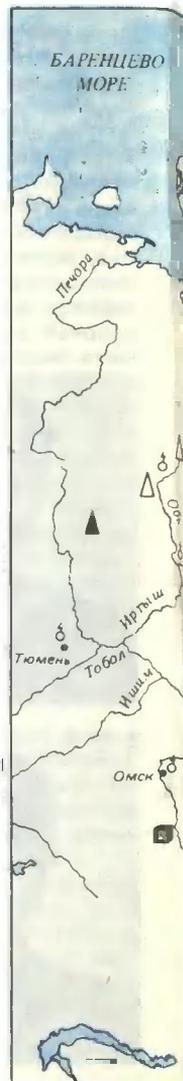
Так, например, определилась необходимость высоких темпов освоения природных ресурсов и развития производительных сил Сибири, поскольку это должно было скомпенсировать трудности наращивания производства в Европейской части страны, где сырьевая база ограничена. С подобной проблемой оказалось возможным справиться, создавая промышленные объекты особо крупных размеров (таких как БАМ, Братский территориально-производственный комплекс, Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс, Тобольский и Томский нефтехимические комбинаты и др.). Строительство таких объектов было обусловлено, с одной стороны, богатством и концентрацией природных ресурсов, а с другой — необходимостью объединить в одном месте многих людей, ибо зоны с подготовленной инфраструктурой в этом регионе ограничены, а транспортные коммуникации развиты слабо.

Необходимо учитывать и особенности климата, что требует специальных инженерных решений, и тот факт, что многие специфические виды минерального сырья нуждаются в создании совершенно новых технологий добычи или переработки, соответствующих их составу и горно-геологическим условиям. Так, например, нефтяники и газовики уже сейчас думают об освоении п-ова Ямал, климатические условия которого нельзя назвать привычными: широкое распространение мощной (от 300 до 500 м) вечной мерзлоты

Месторождения полезных ископаемых Сибири.

Основные месторождения:

-  газопы
-  нефтегазовые
-  нефтяные
-  угольные
-  руд черных металлов
-  руд цветных металлов
-  полиметаллов
-  редких металлов
-  драгоценных металлов
-  алмазов
-  каменной соли
-  агропромышленного сырья
-  минеральных и термальных вод



с температурами от  $-5^{\circ}$  до  $-10^{\circ}$  C и большим количеством погребенных льдов; сильная засоленность грунтов, а значит, отсутствие пресной воды; среднегодовая температура почти  $-10^{\circ}$ . К тому же здесь обнаружены нефтегазовые месторождения нового типа.

Чрезвычайная ограниченность трудовых ресурсов придает особую значимость созданию и использованию берегающих труд технологий.



## ПРОГРАММА «СИБИРЬ»

На решение этого широкого комплекса вопросов и была ориентирована программа «Сибирь», принятая в феврале 1978 г. на Общем собрании Сибирского отделения АН СССР.

Задачи развития производительных сил Сибири сформулированы в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года». Определяя и уточняя конечные задачи программы, изыскивая пути их решения, ученые стремятся не только к тому, чтобы достичь рубежей, определенных партийными документами, но и найти дополнительные возможности и резервы для перевыполнения планов. Какие же цели стоят перед региональной научно-исследовательской программой «Сибирь» (так определен ее статус в июле 1984 г.)? Главная из них такова: путем применения современной науки и техники обеспечить высокие (превышающие средние по стране) экономические показатели использования природных ресурсов Сибири; научно обосновать темпы и основные направления дальнейшего ускорения развития ее производительных сил.

При формировании этой программы были выработаны следующие принципы. Прежде всего — выбор проблем общесоюзной значимости. Именно этим определяются критерии, согласно которым исследования включаются в программу «Сибирь», ибо это — подчеркнем — не краевая, не областная, не республиканская, а общесоюзная программа, по важности некоторых проблем приобретающая даже мировое значение.

Далее — четкое определение конечных целей и задач. Главная задача по нефти и газу формулируется, например, так: разработка и применение новых, прямых геофизических методов поисков нефти и газа; вовлечение новых районов и этажей нефтегазоносности в геологопоисковые работы, рассчитанные на открытие крупных высокодебитных месторождений, чтобы изменить баланс в сторону существенного повышения запасов нефти над уровнем добычи, обеспечивающий неуклонный рост добычи углеводородов в целом по стране.

Следующие принципы — включение в работу по программе всего научно-технического потенциала Сибири. Не исключено, однако, и привлечение других научных центров страны. При этом необходимо творчески координировать усилия

академической, отраслевой и вузовской науки для более быстрого и высококачественного решения проблем. Исполнители программы «Сибирь» — более 400 научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных коллективов, представляющих министерства и ведомства союзного и республиканского подчинения.

Программа «Сибирь» — первая в СССР научная крупномасштабная программа, направленная на комплексное решение региональных проблем. Она состоит из 44 подпрограмм, сгруппированных в 8 секций: минеральные ресурсы, энергетика Сибири, биологические ресурсы, агропромышленный комплекс, межотраслевые программы особой сложности и масштаба, технические и технологические программы, социально-экономические проблемы, здоровье человека в Сибири.

Комплексными являются и подпрограммы. Так, например, в подпрограмме «Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс» предусмотрено обоснование направлений поисково-разведочных работ, создание эффективных методов и средств вскрытия пластов и повышения их нефтеотдачи. Одновременно изучается состав углеводородного сырья и способы его глубокой переработки, в том числе в местах добычи, разрабатываются меры по повышению надежности технических систем в условиях экстремального климата и вечной мерзлоты. Параллельно обсуждаются предложения по охране окружающей среды, социально-экономическому развитию и совершенствованию системы планирования и управления комплексом. Нужно также учитывать, что на «Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс» работает почти половина других входящих в программу «Сибирь» подпрограмм — «Транспорт сибирского Севера», «Земельные ресурсы», «Агропромышленный комплекс», «Здоровье человека» и др.

Важнейшим принципом является ускоренное и непрерывное внедрение достижений науки и техники в народное хозяйство. Этот принцип обеспечивается многоцелевым характером результатов, получаемых в процессе работы по программе «Сибирь»: с момента формирования концепции развития производительных сил Сибири до научного прогноза, открытия и рекомендаций по освоению месторождений полезных ископаемых; от фундаментальных результатов до разработки и внедрения на конкретных предприятиях машин и технологий.

## ОСВОЕНИЕ РЕСУРСОВ

Одними из первых были включены в программу «Сибирь» проблемы комплексного освоения минеральных ресурсов. В настоящее время исследования ведутся по 18 подпрограммам, охватывающим практически все типы полезных ископаемых.

**Нефть и газ.** Восточная и Западная Сибирь по нефти и газу находятся на разных стадиях геологической изученности и освоения. Западная Сибирь сейчас обеспечивает более половины общесоюзной добычи нефти, конденсата и газа, она сохранит свою роль крупнейшего поставщика топлива по крайней мере до конца века. Восточная Сибирь пока еще находится на начальном этапе освоения.

Главный итог работ — это пересчет потенциальных запасов нефти и газа и разработка рекомендаций по конкретным направлениям поисков и разведки новых крупных высокодебитных месторождений. Новые оценки ресурсов позволяют определить объемы бурения и геофизических работ в регионе, темпы их роста на перспективу, уровни подготовки запасов нефти, конденсата и газа по годам 12-й пятилетки и до 2000 г.

Нефтепоисковые работы в Западной Сибири должны быть сконцентрированы на двух главных направлениях. Первое из них — поиски нефти в зонах древних рифтов, широко распространенных в восточной части Западно-Сибирской плиты. Второе направление связано с перспективами нефтегазоносности западной части Западно-Сибирской плиты, где большие запасы нефти и газа могут быть открыты в пределах Мансийской синеклизы. Новым нефтеперспективным для Западной Сибири объектом являются палеозойские отложения, возраст которых превышает 300 млн лет.

Большие надежды в этом отношении связаны и с Восточной Сибирью. На огромной территории между Леной и Енисеем развернуты поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. Объединенными усилиями научных и производственных организаций удалось получить существенные результаты. На базе теоретических обобщений была выделена и открыта Лено-Тунгусская нефтегазовая провинция, в пределах которой уже сейчас известно более двух десятков месторождений: Верхне-Чонское, Средне-Ботуобинское и др.

Восточная Сибирь по своей сложности не имеет аналогов в мировой практике геолого-разведочных работ. Ее освоение затруднено массовыми проявлениями трап-

пового магматизма, приуроченностью нефтегазоносных комплексов к древнейшим венд-кембрийским отложениям (500 млн лет и древнее), широким развитием вечномерзлых пород и др. Потребовались специальные приемы, такие, например, как соединение в едином комплексе двух геофизических методов — многоволновой сейсморазведки и электроразведки. Это позволило при проведении поисковых и разведочных работ начать переход от широко применяемых косвенных методов, выявляющих лишь места предполагаемого расположения залежей, к прямым геофизическим методам обнаружения углеводородов, что позволяет с большой степенью достоверности получать данные о месте, очертаниях и размерах залежей.

Эти методы, которые разрабатывают ученые и специалисты Сибирского отделения АН СССР, научных и производственных организаций Министерства геологии СССР и РСФСР, помогают уточнить районы месторождений. Причем, если раньше лишь 30 из 100 намеченных для бурения скважин оказывались продуктивными, то теперь на сотню их будет 70—80. При быстрой доработке и внедрении этих методов и технических средств по стране можно ожидать экономический эффект в несколько миллиардов рублей.

В дальнейшем, после 1990 г., дополнительный и очень важный эффект можно ожидать от внедрения методов полевой экспресс-обработки данных. Кроме того, в центры детальной обработки информация будет передаваться со спутников.

Сейчас довольно остро стоит вопрос о повышении нефтеотдачи пластов. Сибирские ученые разрабатывают различные химические и физические методы воздействия на пласты, увеличивающие нефтеотдачу, которая в оптимальных случаях может возрасти на 15—20 %.

Утилизация попутного нефтяного газа и использование конденсата при добыче природного газа значительно снижают капиталовложения и эксплуатационные затраты. В настоящее время, например, газовый конденсат, накапливающийся — в качестве сопутствующего продукта — на газовых месторождениях и газоприемных станциях в труднодоступных районах Сибири, используется как малоценное топливо, при том крайнем недостатке в бензинах с октановыми числами 76—93, который испытывает техника Севера. Ученые Сибирского отделения АН СССР разработали принципиально новую технологию переработки углеводородов в ме-

стах добычи. Эта технология основана на применении катализаторов, обеспечивающих получение бензинов с октановыми числами до 94. При промышленном использовании предлагаемого метода экономический эффект может составить многие миллионы рублей.

Любое строительство на Севере, особенно трубопроводов, порождает многие трудности. Предложены оригинальные научные и инженерные разработки по строительству нефте- и газопроводов, линий электропередач и других сооружений в специфических условиях вечной мерзлоты. Среди них буронабивные сваи с встроенными охлаждающими термосифонами, фундаменты-оболочки, электромагнитные молоты для забивания свай, оснащение для подогрева законсервированных скважин и другие.

**Уголь.** Сибирь богата углями. Возрастает роль Кузнецкого бассейна — его запасы определяются громадной цифрой в 723 млрд, значительная часть пригодна для высокоэффективной открытой добычи. Сейчас там добывается около 150 млн т в год. Геологи и экономисты произвели переоценку возможностей Кузбасса: к концу века годовую добычу можно значительно увеличить.

Для этого сделано достаточно много. Создана, например, автоматизированная система проектирования угольных предприятий. На ее базе с помощью современных средств вычислительной техники можно организовать проектирование шахт и разрезов за 6—8 месяцев. Сейчас подобные работы выполняются за 4—5 лет. Кроме того, разработан комплекс приборов для измерения горного давления. На ряде шахт открыты специальные службы горного давления, эффективно работающие с помощью этих приборов. Создана вибротехника для угольных разрезов, гидрокомбайн, установка для каталитического сжигания метана низкой концентрации и др. Успешное совершенствование техники и технологий добычи угля в шахтах и в открытых карьерах, более широкое применение гидродобычи и проведение горных работ с твердеющей закладкой выработанного пространства, улучшение транспорта угля, в частности применение трубопроводного транспорта, — все эти методы способствуют высокоэффективному наращиванию добычи угля в Кузбассе.

На очереди стоят многие другие научные задачи. Их цель — продлить срок службы действующих горизонтов шахт

и вторичной отработки шахтных полей. К тому же нужно решить проблемы газификации угольных пластов, которые не поддаются разработке традиционными способами, технологические проблемы комплексного использования углей для получения жирных кислот, битума, синтетического топлива.

В Канско-Ачинском буроугольном бассейне сосредоточено 600 млрд т угля. Малая глубина залегания, большая рабочая мощность угольных пластов позволяет получать здесь самый дешевый уголь в стране. На основе этих углей намечено создать крупнейшую энергетическую базу, мощностью свыше 60 млн кВт. Но надо подумать о том, чтобы существенно снизить ту вероятную экологическую нагрузку, которая может при этом возникнуть. Такому снижению может способствовать производство электроэнергии на магнетогидродинамических генераторах, массовое производство обогащенных твердых и жидких топлив и других продуктов химической промышленности. Однако все эти технологии получат широкое промышленное освоение лишь в XXI в.

А пока что основной способ использования углей — сжигание, в процессе которого в атмосферу попадают вредные выбросы. Именно поэтому здесь особенно необходимы природоохранные мероприятия. Специалисты, в частности, рекомендуют ограничиться сооружением двух ГРЭС и двух разрезов в Шарыповском промышленном районе с последующим уточнением структуры топливно-энергетического комплекса.

Помимо Канско-Ачинского, разрабатывается и относительно небольшой по запасам (21 млрд т) Южно-Якутский угленосный бассейн. Он сложен высококачественными энергетическими и коксующимися каменными углями. Это первый объект, продукцией которого уже сейчас загружается БАМ. Здесь особенно важно приспособить серийную технику к экстремальным условиям низких температур. Но наряду с техническими и технологическими задачами, нужно было научно обосновать необходимость формирования в этом районе крупного территориально-промышленного комплекса. Это позволили сделать масштабы и качество разведанных геологами месторождений угля, железа и вспомогательного сырья.

**Черные металлы.** В настоящее время разрабатываемые железорудные месторождения юга Западной Сибири обеспечивают металлургические заводы Кузбасса

менее чем наполовину. Остальную руду привозят из Восточной Сибири, Казахстана и даже из Европейской части СССР, что сильно удорожает металл, который производят из этой руды. Но уже сейчас в Горной Шории, Хакасии и Горном Алтае выявлены крупные месторождения. После организации добычи и строительства здесь горно-обогатительных комбинатов они в состоянии полностью обеспечить действующие заводы. В Сибирском отделении АН СССР разработана новая система добычи руды. С ее внедрением на руднике «Таштагол» в три раза повысилась производительность труда на подземных работах. На Шерегешском руднике осуществляется переход к большим объемам добычи. Этот переход обеспечивается с помощью новой прогрессивной техники, такой как система вибромашин и специальные расширители скважин. Это может в 2—2,5 раза удешевить стоимость руды.

**Цветные, благородные и редкие металлы.** Из этой группы металлов только цинк не является остродефицитным. Вместе с тем вряд ли возможно существенно увеличить их производство на существующих предприятиях. Уникальный Норильский горно-металлургический комбинат, где налажена комплексная переработка руд с получением 16 элементов Периодической таблицы, не сможет увеличить производство из-за усложнившихся горно-геологических условий вплоть до 2000 г.

Геологи обеспечили открытие новых перспективных месторождений, подобных тем, которые питают Норильский комбинат. Разведаны запасы Удоканского месторождения меди, Горевского, Холоднинского и Озерного месторождений свинца и цинка, Сыннырского и Саунского месторождений сыныритов — комплексного сырья для производства глинозема, бесхлорных калийных удобрений, силикатных продуктов и др. Однако разработка этих перспективных месторождений сопряжена со значительными, в каждом случае специфическими, трудностями. Для Удоканского месторождения — это большая стоимость горно-обогатительного комбината, дефицит трудовых ресурсов и возможное запыление Чарской котловины; для Горевского — необходимость интенсификации освоения месторождения в связи с предстоящим его затоплением (здесь будет водохранилище Средне-Енисейской ГЭС); для Холоднинского месторождения — опасность отрицательного воздействия на озеро Байкал; для Озерного — необходимость пе-

реработки пиритного концентрата — побочного продукта, возникающего при обогащении полиметаллических руд; для месторождений сыныритов — разработка рентабельной безотходной технологии комплексной переработки руды.

Межведомственный коллектив исполнителей программы «Сибирь» по каждому из этих месторождений внес предложения, касающиеся способов добычи, обогащения и переработки руд. Часть их проходит сейчас полупромышленные испытания. Более 30 различных научных разработок внедрено за пятилетку только на Норильском горно-металлургическом комбинате.

Предполагается создать единую схему отработки новых месторождений, включающую селективную добычу, крупнокусковую сухую сепарацию руды (со складированием бедных руд для будущей переработки, которая будет осуществляться после 2000 г.) и транспортировку концентрата в одно место. Строительство опытных фабрик достаточной мощности при довольно умеренных затратах позволит уже в 12-й пятилетке получить доход от вложенных средств. Предлагаемая схема экологична, поскольку резко уменьшаются сбросы сточных вод. Переработка руд Горевского, Удоканского, Холоднинского и Озерного месторождений на одном заводе методом содовой плавки и плавки в жидкой ванне позволит наладить их комплексное использование.

В 12-й пятилетке будут усилены поиски медных руд на севере Красноярского края, руд, содержащих алюминий (в первую очередь высококальциевых), вольфрамовых, редкометалльных руд и руд благородных металлов, особенно в зоне действующих предприятий. Важной проблемой является внедрение технологичного комплексного извлечения ценных компонентов из металлонесных рассолов Восточной Сибири.

**Алмазы.** Ученые успешно решали проблемы выявления новых запасов и увеличения добычи ценного сырья, в первую очередь высокосортного ювелирного и особо ценных технических типов, а также разрабатывали методы прогнозирования и поисков месторождений, технологии отработки месторождений в особо трудных гидрогеологических и мерзлотных условиях Якутии. Был разработан принципиально новый — термохимический — способ обработки алмазов. Планируется отрабатывать методы прогнозирования алмазоносных кимберлитов в сложных геологических условиях широкого развития траппо-

вого магматизма, находить новые критерии, позволяющие прогнозировать месторождения алмазов нетрадиционного типа, совершенствовать технологии открытой и подземной эксплуатации месторождений.

**Агропромышленное сырье.** Большинство месторождений фосфатного сырья в освоенных районах Сибири являются некондиционными для получения минеральных удобрений традиционными методами. Специально для этих руд был разработан механохимический способ получения активированных фосфатов. В настоящее время ученые Сибирского отделения ВАСХНИЛ проводят успешные агрохимические испытания новых удобрений на всех типах почв Сибири. А в Сибирском отделении АН СССР, кроме того, разработаны малые установки получения комплексных азотно-фосфорных удобрений плазмохимическим методом.

Основная масса фосфатных руд сосредоточена на трех месторождениях: Ошурковском, Белозиминском и Селигдарском. Однако даже суммарная мощность горно-обогатительных комбинатов, строительство которых намечено в 12-й пятилетке на базе этих месторождений, не обеспечит к 1990 г. даже минимальной потребности в этих рудах. Более кардинально проблема обеспечения Сибири фосфатными удобрениями может быть решена путем взаимовыгодной кооперации с Монгольской Народной Республикой, на территории которой открыт Хубсугульский фосфоритоносный бассейн. После 2000 г., возможно, вступит в эксплуатацию Маймеча-Котуйская апатитоносная провинция на севере Красноярского края.

На основании прогнозов ученых в 1979 г. был открыт крупнейший Непский калиеносный бассейн. К 1985 г. закончена его предварительная разведка и в основном решены технологические задачи по комплексной безотходной переработке сильвинитовых руд. Для ускорения промышленного освоения необходимо, чтобы строительство горно-обогатительного комбината началось сразу после детальной разведки месторождения в конце 12-й пятилетки.

Переработка упоминавшихся свыше сыннитов (17 %  $K_2O$ ) обеспечит получение бесхлорных калийных удобрений. Однако решение этой и других запланированных задач носит долговременный характер. В связи с этим ведется изучение местных месторождений агроруд типа торфовиванитов и сапропелей. Наиболее

необходимые работы проходят в Новосибирской области, где разведаны крупные запасы этого сырья.

В последние годы в различных районах Сибири открыты месторождения природных цеолитов. Опытные и опытно-промышленные испытания показали возможность их широкого применения в качестве компонента удобрений и кормовых добавок.

**Подземные воды.** По разнообразию состава и свойств минеральные воды Сибири не уступают многим хорошо известным гидроминеральным источникам. В 11-й пятилетке были определены потенциальные ресурсы лечебных минеральных вод и даны рекомендации по расширению в перспективе до 2005 г. курортной базы Сибири. Целесообразно также промышленное освоение подземных вод с высокой концентрацией йода, брома и других компонентов.

Программа «Сибирь» обширна, поэтому мы остановились только на проблемах и результатах изучения минерально-сырьевой базы Сибири и ее использования в народном хозяйстве. Этот раздел программы тесно связан с другими, ибо у них общая цель — комплексное развитие региона. Занимаясь разведкой какого-либо месторождения или предполагая создать новое горнодобывающее производство, ученые одновременно прорабатывают вопросы охраны природы, пути создания инфраструктуры, а также социальные, демографические, медицинские и производственные проблемы. Комплексный подход — ключ к интенсивному и эффективному развитию Сибири.

## 225 лет исследований атмосферы Венеры

В. Л. Барсуков, В. П. Волков



Валерий Леонидович Барсуков, член-корреспондент АН СССР, директор Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР, вице-президент Международного союза геологических наук. Специалист в области космохимии, геохимии океана, геологии и геохимии рудных месторождений. Лауреат Государственной премии СССР. Неоднократно печатался в «Природе».



Владислав Павлович Волков, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — космохимия, сравнительная планетология. Автор книги: Химия атмосферы и поверхности Венеры. М., 1983.

1986 г. стал юбилейным для трех выдающихся событий в истории русской и мировой науки: 275 лет со дня рождения М. В. Ломоносова, 225 лет открытия им атмосферы Венеры и 25 лет со дня исторического полета Ю. А. Гагарина. Четверть века прошло и после запуска первой советской автоматической станции на Венеру.

Это дает нам возможность проследить эстафету открытий, связанных с планетой Венера, от Ломоносова до наших дней. Приятно слышать, когда американские коллеги в шутку именуют Венеру «русской планетой», а статью в журнале «Nature» называют «Вид на Венеру из Москвы»<sup>1</sup>.

### ДОКОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

225 лет назад 114 астрономов со всех концов света готовились к наблюдению редкого события — «прохождению» Венеры по диску Солнца. Наблюдения должны были привести к измерению расстояния между Землей и Солнцем. Петербургская Академия наук командировала своих представителей в Иркутск, Тобольск и Селенгинск, а в Петербурге место у «зрительной трубы о двух стеклах длиной в 4,5 фута», к которой «присовокуплено было весьма не густо копченное стекло»<sup>2</sup>, занял коллежский советник и профессор М. В. Ломоносов. 26 мая (6 июня) 1761 г. после шести-

<sup>1</sup> Huntten D. M. View of Venus from Moscow // Nature. 1980. Vol. 284. № 5753. P. 211—212.

<sup>2</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 4. С. 367.



бе всего лишь океаны из жидких углекислотных водородов.

Астрономы не хотели мириться с невозможностью разглядеть поверхность планеты. Еще в конце XVIII в. итальянец Ф. Бианчини построил «карту» Венеры с темными пятнами морей и светлыми — материков. Сотни наблюдателей видели пятна и полосы на диске Венеры, пытались по периодичности их появления определить период вращения планеты.

Увы, оптические и психофизиологические эффекты сыграли здесь ту же шутку с натуралистами, что и в отношении Марса: знаменитые марсианские каналы, так же как и менее известные широкой публике «карты Венеры», были лишь плодом воображения. Английский астроном П. Мур в 1959 г. заметил: «Визуальный наблюдатель проиграл сражение... сотни рисунков, сделанных по настоящее время, не проливают никакого света на обсуждаемый предмет»<sup>5</sup>.

Атмосфера Венеры продолжала оставаться непроницаемой для человечества вплоть до начала 60-х годов XX в., когда стали широко применять радиотелескопы. С помощью радиолокации удалось определить некоторые физические параметры Венеры, без которых невозможно было планировать космические экспедиции на эту планету. Так, в 1959—1962 гг. коллектив советских ученых под руководством А. Д. Кузьмина (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) оценил температуру излучающего слоя атмосферы, а в 1961—1964 гг. группе В. А. Котельникова (Институт радиофизики и электроники АН СССР) удалось определить, наконец, истинный период вращения Венеры.

Оказалось, что планета вращается в обратном направлении, нежели Земля, т. е. Солнце восходит там с запада. Вращается Венера исключительно медленно, с периодом 243 земных суток, а наклон плоскости ее орбиты по отношению к плоскости эклиптики составляет всего 3° (для Земли — 24°). Последний факт указывает на то, что венерианская «зима» не отличается от «лета» и, скорее всего, планета представляет собой гигантский термостат, укрытый «шубой» плотной атмосферы, под которой всегда одинаково жарко.

Радиоастрономические исследования велись в те же годы в США, однако мы можем с гордостью отметить, что еще до



Облачные структуры в атмосфере Венеры. Снимок сделан с борта космического аппарата «Маринер-10» с использованием ультрафиолетового фильтра.

первой посадки советского космического автомата на Венеру приоритет наших ученых в решении ряда фундаментальных проблем Венеры уже не оспаривался. Потомки Ломоносова ровно через 200 лет продолжили его дело.

Примерно через 5 лет радиофизических исследований, проводившихся с Земли, представление о Венере как «близнеце Земли» было существенно поколеблено. Оказалось, что ее поверхность нагрета до 600—700 К и «климат» ее скорее напоминает царство Плутона. К этому добавим, что развитие техники спектроскопических наблюдений позволило сделать еще одно открытие: содержание водяного пара в стратосфере Венеры ничтожно (миллионные доли по объему), а углекислый газ, напротив, является существенным компонентом атмосферы. Последний вывод был впервые получен в 1967 г. В. И. Морозом (Институт космических исследований АН СССР).

## КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА — ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ

Космическая эра в исследовании Венеры началась ровно за два месяца до полета Ю. А. Гагарина: 12 февраля 1961 г. была запущена автоматическая межпланетная станция «Венера-1», пролетевшая через четыре месяца на расстоянии 100 тыс. км от планеты. Четыре года спустя к Венере были направлены еще две

<sup>5</sup> Мур П. Планета Венера. М., 1961. С. 76.

станции — «Венера-2» и «Венера-3», причем последняя достигла поверхности планеты. Эти три аппарата были в сущности космическими зондами, но именно с их помощью обрабатывались методы управления автоматическими станциями в длительном полете. Не забудем, что пионерами освоения космического пространства вокруг Венеры были знаменитые конструкторы С. П. Королев и Г. Н. Бабакин.

С 1967 г. начинаются регулярные космические рейсы на Венеру, каждый из которых не только открывал что-то принципиально новое в познании планеты, но ставил и новые вопросы. 18 октября 1967 г. на Землю впервые поступила информация с другой планеты: автоматическая межпланетная станция «Венера-4» передала данные о температуре и составе венерианской атмосферы. Вопреки большинству предположений, главным компонентом атмосферы оказался углекислый газ (свыше 90 %), а азот составлял около 2 %. Предстояло разбираться в причинах неудач, ведь станция прекратила работу в плотных слоях атмосферы, не достигнув поверхности. А согласно теоретическому прогнозу, давление на поверхности не должно было превышать 20 атм. Кстати, на станции был даже установлен датчик фазового состояния материала поверхности, поскольку не исключали посадку если уж не на океанскую гладь, то хотя бы на озеро из нефти.

Через полтора года за «Венерой-4» последовали «Венера-5» и ее дублер «Венера-6», которым удалось добыть новые данные о содержании водяного пара в тропосфере планеты. По результатам этих полетов был окончательно отработан сценарий мягкой посадки, который был осуществлен 15 декабря 1970 г., когда «Венера-7» сумела «выжить» 23 мин на поверхности, сообщив при этом, что температура в месте посадки достигает 750 К. Поскольку не всегда все приборы срабатывали, давление пришлось вычислять по теоретической модели; оно составило 90 атм. Впрочем, эти выкладки полностью подтвердились 22 июля 1972 г. после посадки «Венеры-8».

Для этой станции планета приберегла очередной сюрприз: оказалось, что сплошной покров облаков и плотная углекислая атмосфера все-таки пропускают солнечную радиацию, а ведь считали, что даже на дневной стороне придется пользоваться прожекторами!

С «Венеры-8» началось многоцелевое исследование оптических характеристик

атмосферы и облаков, впервые была измерена скорость ветра, впервые получена информация о концентрации радиоактивных элементов, характеризующих горные породы Венеры.

Подводя итоги работы первого поколения «Венер», президент АН СССР М. В. Келдыш на праздновании Дня космонавтики 12 апреля 1973 г. говорил, что «экспериментами на «Венере-8» завершился большой и важный этап изучения этой планеты при помощи автоматических станций. На этом этапе были надежно установлены основной химический состав и параметры атмосферы Венеры вплоть до поверхности, получены данные об оптических характеристиках атмосферы, проведены первые исследования непосредственно на поверхности планеты»<sup>6</sup>.

Второе поколение станций «Венера» началось с появления в небе этой планеты сразу двух искусственных спутников — «Венеры-9» и «Венеры-10». Они действовали в комплексе со спускаемыми аппаратами, которые навсегда вошли в историю науки: с их помощью впервые были получены телевизионные портреты Венеры — панорамные изображения ее поверхности (1975). Информация о планете начала расти чуть ли не в геометрической прогрессии. Автоматические комплексы «Венера-9» и «Венера-10» позволили всесторонне изучить верхнюю атмосферу, построить убедительную схему строения облаков, найти их нижнюю границу; была начата работа по измерению концентрации водяного пара во всей толще атмосферы.

Основной целью запуска в 1978 г. станций «Венера-11» и «Венера-12» было получение сведений о химии атмосферы и облаков: впервые с высокой точностью были выполнены химические и изотопные анализы атмосферных газов, предприняты попытки собрать на фильтре и проанализировать загадочные облачные частицы. Одновременно ученые США провели эксперимент «Пионер-Венера», который был направлен как на исследование атмосферы и облаков, так и на выполнение радиолокационной съемки почти всей поверхности планеты. По этой программе на орбитальную орбиту вокруг Венеры были выведены искусственный спутник и орбитальный модуль; от модуля отделились и совершили жесткую посадку на поверхности планеты четыре зонда. После космических миссий 1978—1979 гг. уже можно

<sup>6</sup> Цит. по кн.: Кузьмин А. Д., Маров М. Я. Физика планеты Венера. М., 1974. С. 7.

было составить достаточно полное представление об атмосфере и облаках Венеры, выдвинуть гипотезы о происхождении и эволюции планеты.

1982 год ознаменовался выдающимися успехами в познании состава поверхности Венеры: буровые устройства на спускаемых аппаратах «Венера-13» и «Венера-14» взяли пробы венерианского грунта и передали результаты анализа на Землю. Помимо получения новой порции данных о составе и свойствах атмосферы и облаков, были сделаны попытки зарегистрировать молнии в атмосфере, найти признаки венеротрясений (микросейсм), оценить окислительно-восстановительный режим на поверхности с помощью своеобразной лакмусовой бумаги — индикатора «Контраст». (Почернение асбестовой бумаги указало на крайне низкое содержание свободного кислорода вблизи поверхности.) К сожалению, хотя техника принципиально новых экспериментов не подвела, однозначно интерпретировать их результаты не удалось.

Искусственные спутники «Венера-15» и «Венера-16» работали с октября 1983 г. по июль 1984 г. Это были в основном «космические геологи» — они осуществили уникальную по своей разрешающей способности (в 10 раз лучше, чем американская станция «Пионер-Венера») радиолокационную съемку Северного полушария Венеры<sup>7</sup>.

Наконец, в июне 1985 г. в рамках первого этапа международного проекта изучения Венеры и кометы Галлея на поверхность Венеры совершили посадку спускаемые аппараты «Вега-1» и «Вега-2»<sup>8</sup>. Вновь было получено много данных о венерианской атмосфере и облаках, их обработка продолжается. Впервые был осуществлен дрейф двух аэростатов в облаках Венеры, позволивший судить о метеорологии планеты. Наконец, двумя независимыми инструментальными методами удалось доказать присутствие капель серной кислоты в качестве главного компонента облачного слоя.

### АТМОСФЕРА ВЕНЕРЫ-86

После запуска первого советского космического зонда в околопланетное

<sup>7</sup> Подробнее об этом см.: Барсуков В. Л., Базилевский А. Т. Геология Венеры // Природа. 1986. № 6. С. 24—35.

<sup>8</sup> Подробнее об этом см.: Балебанов В. М., Мороз В. И., Мухин Л. М. Первый этап космической экспедиции «Вега»: исследование Венеры // Природа. 1985. № 8. С. 3—12.

пространство Венеры ее исследовали с помощью 29 космических автоматов (из них 20 советских); наши представления о планете теперь мало напоминают ту картину, которая рисовалась накануне космической эры. Вспомним хотя бы вывод известного астронома Э. Эпика, сделанный им в 1960 г.: «На Венере всегда темно, жарко, пыльно и ветрено»<sup>9</sup>. Из этих четырех утверждений выдержало проверку временем лишь одно — жарко! С другой стороны, предположение о том, что облачный конденсат на Венере состоит из серной кис-

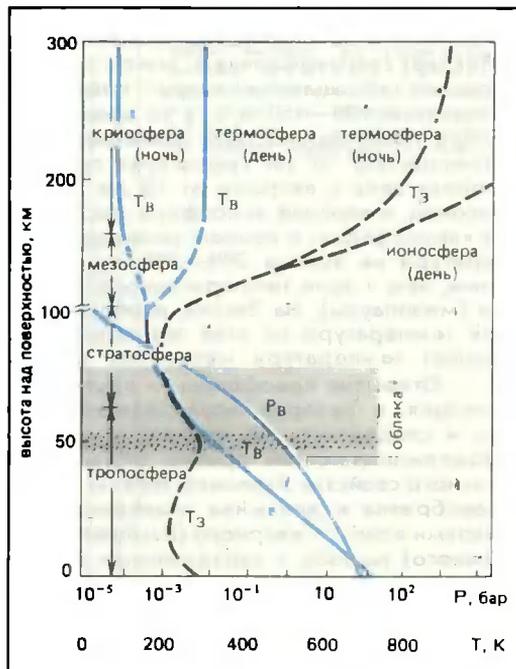


Схема строения атмосферы Венеры и Земли по современным данным. Показаны также изменения давления  $P$  и температуры  $T$  в зависимости от высоты над поверхностью обеих планет.

лоты (Э. Янг, Г. Силл, 1972—1973), выдвинутое дедуктивным методом на основе косвенных свидетельств, полностью оправдалось. Но так уж устроена природа: чем больше мы о ней узнаем, тем больше возникает новых вопросов.

Посмотрим на атмосферу и облака Венеры именно с этой точки зрения. Пожалуй, теперь можно утверждать, что ат-

<sup>9</sup> Цит. по кн.: Шаронов В. В. Планета Венера. М., 1965. С. 221.

мосфера Венеры не похожа на земную, их сближают только общие принципы поведения газов в гравитационном поле небесных тел. Так же, как и на Земле, на Венере имеется нижняя атмосфера с облаками, где газы хорошо перемешаны, т. е. их содержание постоянно в вертикальном профиле; существует верхняя атмосфера, в которой вертикальное распределение газов определяется законами диффузии и гравитации; и, наконец, есть ионосфера и водородная корона.

Не затрагивая проблем физики атмосферы, укажем только, что тропосфера Венеры в 5 раз протяженнее земной, а ее плотность в 53 раза выше; облачный слой обладает сверхвращением: массы газа и аэрозолей обращаются вокруг планеты со скоростью 100—150 м/с, в то время как в толще приповерхностной атмосферы протяженностью 10 км существует почти застойная зона с ветрами от 10 до 0,5 м/с. Наконец, в верхней атмосфере расположена «криосфера»: в ночном полушарии температура на высоте 200—300 км на 100° ниже, чем в зоне температурного минимума (мезопаузы). На Земле, наоборот, ночная температура на этой же высоте превышает температуру мезопаузы на 600°.

Открытие криосферы — крупнейшая сенсация в истории исследования Венеры, и специалисты по физике атмосферы продолжают поиски причин этого удивительного свойства Утренней звезды. Весьма своеобразна и динамика атмосферы с ее вихрями вокруг Северного (а может быть, и Южного) полюса, с «воздушными ямами», в которые попадали аэростаты «Веги-1» и «Веги-2».

## НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ХИМИИ АТМОСФЕРЫ ВЕНЕРЫ

Итак, атмосфера Венеры состоит из двух главных компонентов — углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и азота ( $\text{N}_2$ ), а также примесей — сернистого ангидрида ( $\text{SO}_2$ ), водяного пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и аргона ( $\text{Ar}$ ). Остальные газы содержатся в количестве, не превышающем пятидесяти миллионных долей (см. табл.). Несмотря на ряд попыток надежно измерить ничтожно малую концентрацию водорода и кислорода, точных данных пока нет, хотя это принципиально важно для понимания атмосферных процессов.

Одна из главных проблем химии атмосферы Венеры — установить механизм регенерации двуокиси углерода после его фотолитического распада на окись углерода и атомарный кислород в стратосфере. Дело в том, что обратная реакция — рекомбинация — протекает так медленно, что губительное солнечное излучение может превратить углекислый газ в смесь  $\text{CO}$  и  $\text{O}_2$  всего за несколько тысяч лет. Почему же на Венере сохраняется преимущественно углекислая атмосфера, что служит противосолнечным щитом? Наиболее достоверный вариант ответа таков: главными защитниками  $\text{CO}_2$  служат ничтожные (несколько миллионных долей) примеси сильных окислителей — хлористого водорода ( $\text{HCl}$ ) и окислов азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ). Благодаря этим газам-катализаторам включается механизм быстрого преобразования  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$ , да и молекулярный кислород образуется при этом в количестве нескольких миллионных долей (что со-

### Химический состав нижней атмосферы Венеры и Земли (относительное содержание по объему)

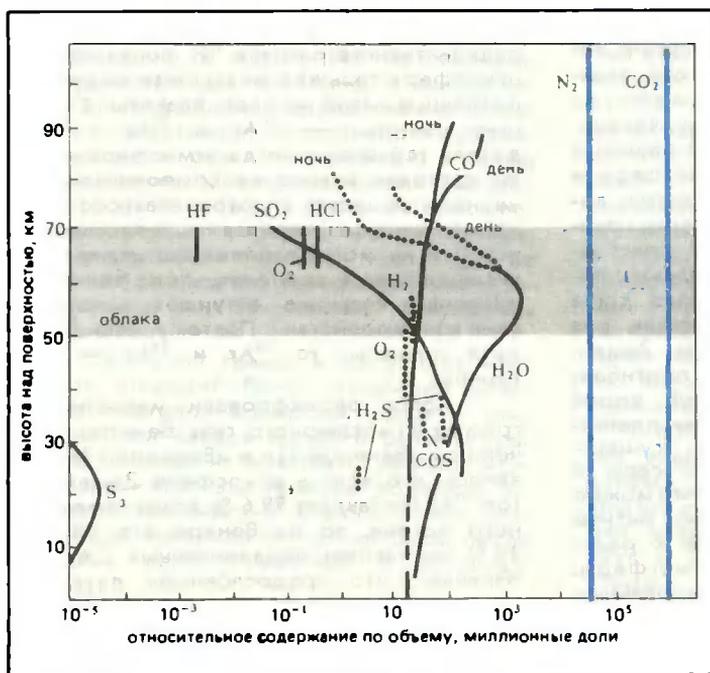
Газ	Венера		Земля
	тропосфера	стратосфера	тропосфера
$\text{CO}_2$	$9,65 \cdot 10^{-1}$	$9,65 \cdot 10^{-1}$	$(2-4) \cdot 10^{-4}$
$\text{N}_2$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$7,81 \cdot 10^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}$	$2 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-3}$	$10^{-6} - 10^{-4}$	$\leq 4 \cdot 10^{-2}$
$\text{SO}_2$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-8} - 8 \cdot 10^{-7}$	$\leq 2 \cdot 10^{-8}$
$\text{S}_3$	$10^{-10}$	?	?
$\text{HCl}$	$< 10^{-5}$	$10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-9}$
$\text{HF}$	?	$10^{-8}$	?
$\text{O}_2$	?	$< 10^{-6}$	$2,09 \cdot 10^{-1}$
$\text{H}_2$	?	$10^{-5}$	$(4-10) \cdot 10^{-7}$
$\text{CO}$	$(2-3) \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$	$(0,1-2) \cdot 10^{-7}$
$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	1,2	1,2	296
D/H	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$

гласуется со спектроскопическими измерениями). Окончательное решение проблемы зависит от прецизионного определения исчезающе малых количества хлористого водорода, окислов азота и свободных кислорода и водорода.

За исключением инертных газов, все малые компоненты ведут себя очень активно — они вступают в реакции между собой и с углекислым газом, многие из них подвергаются распаду под воздействием солнечной радиации, а затем возникают вновь, испытывают фазовые превра-

па HCl порождает серию активных окислителей, и в конечном итоге из молекул водяного пара и  $SO_3$  конденсируются капли  $H_2SO_4$ . По теоретическим оценкам, такой цикл формирования облачных частиц в среднем завершается за 4 месяца.

Здесь, конечно, мало общего с механизмом возникновения земных водно-ледяных облаков: они появляются на том или ином уровне тропосферы при достижении воздушными потоками, несущими водяной пар в состоянии насыщения, точки росы. Однако земные стратосферные облака и



Химический состав нижней атмосферы Венеры по современным данным. Цветные линии — макрокомпоненты, сплошные черные — микрокомпоненты, пунктир — микрокомпоненты, по данным, требующим уточнения.

щения, формируя облачный слой, находящийся в вечном круговороте конденсации и испарения. Можно сказать, что в атмосфере Венеры происходит постоянная конкуренция обычных химических реакций с фотохимическими на фоне динамических процессов, например турбулентных и конвективного перемешивания масс газов.

Фотохимические процессы господствуют в надоблачной стратосфере и в облаках на высоте 95—58 км, а в более низких слоях атмосферы рассеяние солнечной энергии аэрозольными частицами и молекулами газов настолько велико, что никаких «разрушительных акций» Солнце уже совершить не может. В облачном слое фотолиз  $CO_2$ ,  $SO_2$  и малых примесей ти-

некоторые индустриальные смоги нередко тоже имеют фотохимическое происхождение, поэтому сернокислотные облака Венеры можно рассматривать как символ, предупреждающий человечество от мрачной перспективы бесконтрольного загрязнения атмосферы.

В плотной горячей подоблачной тропосфере Венеры протекают химические реакции между газами, а также между газами и минералами горных пород поверхности. Начиная с высоты 46—47 км происходит постепенное тепловое разрушение аэрозолей серной кислоты, и продукты её распада с восходящими потоками газов вновь поступают в стратосферу, замыкая атмосферный цикл серы.

Интересно отметить, что факт одинакового изменения содержания водяного пара и  $\text{SO}_2$  в вертикальном профиле тропосферы использовался в качестве аргумента в пользу сернокислотной гипотезы состава облаков Венеры. В самом деле, именно из  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SO}_2$  образуются капли  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , и эти же газы возникают при диссоциации серной кислоты. Однако сернокислотная гипотеза стала реальностью лишь через 12 лет после ее выдвижения — только по завершении проекта «Вега» — и может служить примером открытия, сделанного «на кончике пера».

Интерпретация данных по химии серы в атмосфере Венеры указывает на то, что сера может связываться в горных породах в процессе их химического взаимодействия с газами. Вероятно, молекулы серосодержащих газов (продукты вулканических извержений) претерпевают сложные циклические превращения в атмосфере и облачном слое и вновь поглощаются веществом коры. Анализ венерианского грунта, выполненный на советских спускаемых аппаратах, показал, что базальты поверхности содержат очень много серы (от 0,35 до 1,9 вес. %), в десятки раз выше, чем в обычных базальтах Земли. Так подтвердился теоретический прогноз о поглощении серы венерианской корой вследствие ее химического взаимодействия с атмосферой. Более того, существенные различия в содержании серы в разных пробах венерианского грунта можно рассматривать как свидетельство разной длительности контакта базальтов с реакционноспособными газами атмосферы. Возможно, породы, проанализированные на станциях «Венера-13», «Венера-14» и «Вега-2», имеют разный экспозиционный возраст<sup>10</sup> и представляют собой различные стадии своеобразного химического выветривания коры Венеры.

Вероятно, современный этап геологической истории Венеры отражает стадию прекращения тектоно-магматических процессов, которая характеризуется исключительно медленным обменом веществом между твердой оболочкой и атмосферой: происходит круговорот серы с постепенным ее поглощением веществом коры. Скорее всего, циклы остальных летучих элементов — углерода, азота, водорода и кислорода — замыкаются в пределах газовой оболочки — атмосферы Венеры.

## КОСМОХИМИЯ ИЗОТОПОВ — КЛЮЧ К ИСТОРИИ ПЛАНЕТ

В последнее десятилетие космохимия изотопов зарекомендовала себя как ключ к открытию тайн происхождения планетных тел. По изменению соотношений концентраций тяжелых и легких изотопов в атмосферах или твердом веществе планет и метеоритов можно представить условия, в которых произошло такое разделение; поэтому изотопы считают метками, или трассерами, природных процессов. Одна из таких меток — отношение концентраций изотопов аргона  $^{40}\text{Ar}/(^{36}\text{Ar} + ^{38}\text{Ar})$ . Изотоп  $^{40}\text{Ar}$  — это продукт радиоактивного распада  $^{40}\text{K}$ , попадает он в атмосферу только в результате выделения различных газов из недр планеты. Остальные изотопы —  $^{36}\text{Ar}$  и  $^{38}\text{Ar}$  — свидетели той эпохи, когда атмосфера планеты состояла только из компонентов солнечного вещества (протопланетного облака), и никакие перипетии геологической истории не могут повлиять на содержание нерадиогенных изотопов, тем более что инертные газы не вступают в химические взаимодействия. Поэтому, если  $^{40}\text{Ar}$  — дитя планеты, то  $^{36}\text{Ar}$  и  $^{38}\text{Ar}$  — дети Солнца.

Когда расшифровали масс-спектрограмму атмосферного газа Венеры, полученную «Венерой-11» и «Венерой-12», оказалось, что если в атмосфере Земли изотоп  $^{40}\text{Ar}$  составляет 99,6 % всего атмосферного аргона, то на Венере его 48 %, а 43 % составляет нерадиогенный  $^{36}\text{Ar}$ ! Это означает, что «родословные» двух планет существенно отличаются друг от друга: ведь доля «солнечных» изотопов аргона в атмосфере Венеры в 250 раз больше, чем в атмосфере Земли (см. табл.).

Размышления над изотопными отношениями аргона привели космохимиков к выводу: поступление  $^{40}\text{Ar}$  в венерианскую атмосферу прекратилось 3,5 млрд лет назад, т. е. как раз тогда, когда на Земле закончился так называемый «молчаливый» миллиард лет<sup>11</sup>. Получается, что Венера в геологическом смысле уже умирала, а Земля еще только начинала жить. Так ли это, с уверенностью сказать нельзя, хотя бы потому, что есть достаточно аргументированная гипотеза «снабжения» атмосферы Венеры дополнительным количеством  $^{36}\text{Ar}$ ,

<sup>10</sup> Экспозиционный возраст — время контакта породы с атмосферой, в течение которого происходит их химическое взаимодействие.

<sup>11</sup> Подробнее об этом см.: Базилевский и А. Т. Шаги сравнительной планетологии // Природа. 1977. № 3. С. 38—49.

приносимым солнечным ветром (автор — Дж. Везерилл). Такая точка зрения, конечно, противоречит логике наших рассуждений. Тем не менее после первого знакомства с венерианскими кратерами в Северном полушарии по карте, составленной на основе материалов радиолокационной съемки с «Венеры-15» и «Венеры-16», исследователи пришли к выводу: последние 3,5 млрд лет никакие глобальные геологические процессы не затронули поверхности Венеры — она хранит тот же облик, что и в глубокой (даже по геологическим масштабам) древности.

Существует и другая точка зрения, развиваемая некоторыми исследователями у нас и в США. По их мнению, две удивительные особенности венерианской атмосферы — периодические изменения концентрации  $\text{SO}_2$  и аэрозоля субмикронных размеров в стратосфере, а также возникновение электромагнитных импульсов (грозы?) — могут быть истолкованы как проявление современного вулканизма. Эта интересная гипотеза пока еще не получила достаточно неопровержимых доказательств, но, безусловно, заслуживает внимания.

Одним из самых интригующих изотопных открытий было измерение отношения изотопов водорода. Дело в том, что если на Венере когда-то была гидросфера, то следы испарившихся океанов могли сохраниться: это тяжелый водород, частично остающийся в водяном паре современной венерианской атмосферы после убегаания легкого изотопа в открытый космос.

Изотопный анализ удалось выполнить благодаря «несчастному» случаю с масс-спектрометром на американском зонде «Пионер-Венера». При прохождении облачного слоя прибор перестал работать, а когда до поверхности оставалось около 20 км, телеметрия вновь ожила и сообщила странный результат, который был истолкован как следствие «засорения» прибора каплей серной кислоты из облаков. Эта капля испарилась, а на спектрограмме наряду с другими компонентами обнаружили пик тяжелого водорода. Оказалось, что отношение содержания тяжелого водорода (дейтерия) к легкому (протию) в водном растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в венерианских облаках в 100 раз выше земного. Значит (если, конечно, экспериментаторы не ошиблись), древняя атмосфера Венеры содержала столько водяного пара, что при его конденсации на поверхности планеты мог возникнуть океан глубиной 9 м.

Естественно, нельзя утверждать, что космохимия изотопов дает однозначное решение кардинальных вопросов истории Венеры. Мы остановились лишь на двух фрагментах изотопных исследований, которые позволяют привести серьезные аргументы в пользу представлений о затухании геологической активности Венеры уже после первого миллиарда лет ее существования (изотопия аргона) и о том, что древняя Венера могла быть непохожа на раскаленную пустыню и обладать гидросферой (изотопия водорода). Нам представляется, что даже по этим двум примерам можно судить, насколько важны для сравнительной планетологии и космохимии изотопные исследования планетных атмосфер.

В краткой статье нет возможности даже перечислить все решенные и нерешенные проблемы химии атмосферы Венеры. Нынешний этап космических исследований этой планеты демонстрирует огромные возможности современной науки и техники. Вместе с тем видно, что предстоит еще пройти весьма длительный путь исследования планет Солнечной системы, прежде чем станет понятной история первого миллиарда лет нашей Земли, которую можно изучить только по каменной летописи других планет.

Юбилей Ломоносова позволяет еще раз отдать дань глубокого уважения великому естествоиспытателю XVIII в., открытия которого навсегда остались в истории развития многих наук, в том числе наук о Земле и планетах Солнечной системы.

## «Храм наук» и «Книга природы»

**Н. К. Гаврюшин,**  
кандидат философских наук

Институт истории естествознания и  
техники АН СССР

Москва

### ОБРАЗ НАУКИ В ЛОМОНОСОВСКОЮ ЭПОХУ

Образ мироздания как величественной «Книги природы» не был изобретением XVIII столетия. Он — неотъемлемое достояние средневековья. И «Храм наук», созданный для прочтения и почитания этой книги, существовал слишком долго, чтобы остаться совершенно неизменным. Однако как происходили и насколько приметными были внутренние переустройства в нем, об этом споры еще идут и будут идти...<sup>1</sup>

В своем «Слове о пользе химии», написанном в 1751 г., М. В. Ломоносов высказывает желание познакомить читателя с обителью наук, ввести его «в великолепный храм... человеческого благополучия». Но, отступая перед грандиозностью задачи, он просит мысленно последовать «в един токмо внутренний чертог сего великого здания», который занимает Химия<sup>2</sup>. Пройдя вместе с ним по

покоем этого чертога, мы все-таки не можем отказаться от стремления рассмотреть «Храм наук» того времени в целом и, в первую очередь, разобраться, каким он представлялся современникам Ломоносова.

Это тем более важно, что именно в ту пору были созданы сохраняющие свое ведущее значение и поныне Академия наук и Московский университет, положено начало крупнейшим библиотекам и музеям. Но хотя многое — научные труды, экспонаты, организационные успехи и неудачи — уже изучены во всех подробностях, мы до сих пор мало знаем, каким представлялся образ науки ученым того времени, в какой мере он отличен от привычного нам.

Прежде всего нужно заметить, что совокупность знаний в этот период не так часто именуется наукой. Как правило, собственное имя науки — философия. Естествознание как ее часть обычно называется физикой, философией естественной, естествословием. Причудливое выражение «храм человеческого благополучия» (синоним «Храму наук»), встречающееся у Ломоносова, отнюдь не случайно: согласно распространенным школьным определениям того времени, прежде всего вольфианским<sup>3</sup>, именно материаль-

ное и нравственное благополучие составляет главную задачу широко понимаемой философии.

Это постепенно вызревавшее и утверждавшееся с начала XVII в. представление о науке настойчиво вытесняло средневековый взгляд на философию как служанку богословия, хотя внешне акценты смещались не слишком резко, и мы видим это в высказываниях многих ученых, в том числе Ломоносова. В качестве «прислужницы человеческого благополучия», идя навстречу материальным вожделяниям складывающейся буржуазии, философии предстояло принять более практический характер, изменив при этом и само понятие практики. На ступень «свободных искусств» надо было возвести целый ряд технических дисциплин и прикладных знаний, что влекло за собой радикальную перестройку всего «Храма науки». Классическая структура тривия (риторика, грамматика, диалектика) и квадрия (арифметика, геометрия, астрономия, музыка), определявшая систему образования на средневековом Западе и хорошо известная на Руси, должна была отойти в прошлое.

Первые опыты умозрительной перестройки «Храма наук» появляются на Западе в XVII в., а в России — в эпоху петровских реформ. Причем именно здесь изменение задач, статуса и социальной роли науки ощущалось особенно ост-

<sup>1</sup> См., напр.: Петров М. К. Перед «Книгой природы». Духовные леса и предпосылки научной революции XVII в. // Природа. 1978. № 8. С. 110—120.

<sup>2</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.: Л., 1950—1959. Т. 2. С. 351.

<sup>3</sup> Христиан Вольф (1679—1754) — немецкий философ, систематизатор философских взглядов Г. В. Лейбница, на основе которых стремился разработать единую и всеобъемлющую систему знания. Сочинения последователей Вольфа пользовались в России большим ав-

торитетом. Непосредственно у Вольфа учился ряд русских ученых, в том числе и М. В. Ломоносов.

ро, так как совпало с решительными и далеко не безболезненными преобразованиями всего уклада жизни. От «новой науки» ждали слишком многого, и поэтому естественно было бы предполагать, что вопросы ее метода, границ и внутренней структуры найдут отражение в теоретических построениях, что будут сделаны попытки увидеть «Храм наук» как целое. Однако даже в одном из наиболее замечательных философских произведений эпохи — в «Письмах о природе и человеке», написанных А. Д. Кантемиром в 1742 г., эта тема едва намечена. Представить себе, как мыслилась в ту пору система научных знаний можно по нескольким опытам классификации наук, которые появились в связи с задачами преподавания и популяризации. Но прежде несколько слов о том, что могла дать России в этой сфере Западная Европа.

#### СТРУКТУРА НАУКИ В ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ XVII в.

В 1605 г. английский философ Ф. Бэкон (1561—1626) предложил бесспорно революционную классификацию наук. В ее основу была положена не «Книга природы», не объективные различия дисциплин и методов, а субъективные способности разумной души: память, воображение и рассуждение. Памяти в этой классификации соответствовала история, воображению — поэзия, рассуждению — философия, включающая все естественное знание. Недостаток такого членения был подмечен давно: ведь в деятельности разума память, воображение и рассуждение находятся в непрерывной связи и взаимопосредованы. Однако важно было именно то, что наука как бы спускалась с небес на землю, становилась более практически ориентированной, очерчивались «границы познавательного интереса научных исследований, в котором человек выступает наблюдателем, творцом гипотез, организатором их проверки на уровне эмпирии»<sup>4</sup>.

Примерно полвека спустя, в 1651 г., классификацию Ф. Бэкона пытался развить и усовершенствовать его соотечественник Т. Гоббс (1588—1679), но, работая в русле Бэкона, он сделал недостатки его метода еще более заметными: риторика и логика оказались у него, к примеру, лишь частными подразделениями физики. Тем не менее классификация Ф. Бэкона имела настолько большой вес среди ученых, что ее использовали в «Энциклопедии» Д. Дидро и Ж. Даламбер в середине XVIII в.

В 1690 г. английский же философ Дж. Локк (1632—1704) в «Опыте о человеческом разуме» возобновляет характерную еще для стоиков и эпикурейцев схему разделения наук на изучающие природу вещей (физика), способы действия (политика, этика) и способы сообщения (семиотика). Такая схема дала основание немецкому философу Г. В. Лейбницу (1646—1716) указать, что «каждая часть здесь как будто поглощает целое... мораль и логика входят в физику, понимаемую столь общим образом... с другой стороны, все может войти в практическую философию»<sup>5</sup>. Отказываясь от предельного принципа, Лейбниц предложил три независимых способа систематизации научных истин: 1) синтетический и теоретический, основанный на порядке доказательств: каждое предположение должно следовать за теми, от которых оно зависит; 2) аналитический и практический — с его помощью изыскиваются пути для достижения тех или иных благ и рассматривается относительная ценность этих благ; 3) терминологический. Немецкий философ находил, что эти способы соответствуют «разделению древними науки, или философии, на теоретическую, практическую и дискурсивную, или же на физику, мораль и логику»<sup>6</sup>.

Образную и пластически наглядную классификацию наук предложил в 1637—1639 гг. знаменитый чешский педагог Я. А. Коменский (1592—1670). В ней так определяется последовательность обучения: в пред-

дверии «Храма наук» изучается аппарат знаний, общие понятия; первый зал «Храма» олицетворяет видимый мир, природу, во втором познается сила человеческого ума (математика), в третьем — внутреннее существо человека, нравственная свобода, или мораль; наконец, «святой святых» «Храма» — теология. По-видимому, Ломоносов достаточно положительно оценивал педагогический опыт Коменского, так как одну из книг этого автора он направил С. К. Котельникову с поручением заказать ее перевод на русский язык. Но в целом очевидно, что в области классификации наук западноевропейская мысль XVII — первой половины XVIII в. могла дать России не слишком много.

#### ПЕРВЫЕ ОПЫТЫ КЛАССИФИКАЦИИ НАУК В РОССИИ

Самый ранний в России XVIII в. опыт классификации наук также был связан с задачами преподавания. Это — «Пропозиции» Ф. Салтыкова, написанные в 1713 г. В них, кроме перечня иностранных языков, рекомендуемых к изучению, автор дает разделение наук на «свободные» (они в целом близки современным гуманитарным) и «математические» (под это понятие подпадались и технические, и некоторые естественные)<sup>7</sup>.

В 1728 г. академик Г. Б. Бильфингер составил развернутую программу обучения юного Петра II, сына царевича Алексея Петровича. Августейший ученик должен был узнать о «физических знаниях, или испытании естества, из механики, гидростатики, гидравлики, оптики, аэрометрии, акустики, теории магнетизма. Как полагает современный исследователь Л. Л. Кутина, сам этот перечень есть «уже новая классификация, где в состав физических знаний не включены ни химия, ни естественная история и где, с другой стороны, нашли место математические науки — механика и оптика»<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Салтыков Ф. Пропозиции // Памятник древней письменности и искусства. Т. 83. Прил. 5. СПб, 1891.

<sup>8</sup> Кутина Л. Л. Формирование терминологии физики в России. М.; Л., 1966. С. 27.

<sup>4</sup> Петров М. К. Цит. соч. С. 118.

<sup>5</sup> Лейбниц Г. В. Соч. Т. 2. М., 1983. С. 539—540.

<sup>6</sup> Там же. С. 542.

Однако необходимой последовательности и четкости в систематике Г. Б. Бильфингера нет. Так, наряду с названными науками, самостоятельные разделы составляют древняя история, математические дисциплины (арифметика, геометрия, тригонометрия), «козмография» (описания различных стран), «знание естества» (это уже не физика, а, очевидно, анатомия и медицина), архитектура, геральдика и генеалогия.

По-видимому, впервые в России совершенно самостоятельную классификацию наук на основе единого принципа дал В. Н. Татищев (1686—1750) в своем «Разговоре о пользе наук и училищ», написанном в основном в 1733 г., но увидевшем свет лишь спустя полтора столетия.

Кратко упомянув о разделении наук «у философов» по предметам изучения, Татищев более подробно развивает другое деление, «моральное», опирающееся на различие «в качестве». Этот принцип прямо перекликается со вторым видом систематизации у Лейбница. Он позволяет ввести градацию наук по степени их важности для человека. К нужным наукам Татищев относит домоводство, медицину, правоучение, логику и богословие; к полезным — примерно тот же перечень, что у Ф. Салтыкова и Г. Б. Бильфингера; к щегольским — поэзию, музыку и изящные искусства. Науки любопытные и тщетные — астрология, физиогномия, хиромантия и алхимия. Вредные («глупее преждереченных») — различные виды гаданий, вроде некромантии, аэромантии, ворожбы, заговоров и т. д.

Задача систематизации знаний возникла потому, что в новых условиях общественной жизни, вызванных реформами Петра I, в частности, в связи с тенденцией к секуляризации образования, наука брала на себя и функции воспитания разума и воли. В этом смысле любопытно сочинение о задачах и структуре науки, принадлежащее академику Г.-В. Крафту (1701—1754). Под названием «О философии» оно было опубликовано в 1738 г. в нескольких номерах «Примечаний на [Санкт-

Петербургские] Ведомости». Эти «Примечания» были первым на русском языке периодическим научным изданием, «первым русским журналом», по определению В. П. Зубова<sup>9</sup>. К моменту появления статьи «О философии» они издавались уже в течение десяти лет, освещая самые разные области знания. Но за это время вполне закономерный вопрос, что же такое наука, поставлен не был. Это прежде всего и констатировал Крафт: «Мы в наших примечаниях,— пишет он,— с самого их начала ни о какой другой материи, кроме философических вещей, не писали, однако же «еще обстоятельно не объявили, что то есть философия, и каков философ по своей должности быть имеет».

Поскольку человек осуществляет себя в размышлении и внешнем действии, философия «как истинное познание всех вещей, которые в свете случиться могут», должна способствовать тому, чтобы он «разумно мыслит и разумно делал». На этом основании «философия» разделяется на две части — теоретическую, или «в одном размышлении упражняющуюся», и «практическую, или действительную». «Та исправляет наш разум, а сия волю, она имеет в своем намерении правду, а сия добродетель»<sup>10</sup>.

В теоретической философии первое место принадлежит логике. Это — «наука, управляющая рассуждению», «комплекс философии». Именно с помощью логики выявляются три основных объекта теоретического знания — тело, душа и причина того и другого — бог. Тело и причины изменений в нем имеет своим предметом физика. Человеческим телом и причинами его болезней занимается медицина, составляющая особый раздел физики. Движения души составляют особый предмет психологии, а натуральная теология подает «по его (бога.— Н. Г.) делам довольно причин к здравому о нем рассуж-

дению», так как является областью богопознания в сфере законов природы. Что же касается метафизики (на языке XVIII в. так обычно именовали собственно философию), то она «о том пишет, что всем вещам вообще прилично»; ее категории, подобно правилам логики, приложимы к физике, психологии и натуральной теологии.

Подразделений физики Крафт не дал, зато математика охарактеризована подробно. Как и философия, она разделяется на теоретическую и практическую. К первой относятся арифметика, алгебра, геометрия, тригонометрия. Практическая, кроме различных частных приложений означенных дисциплин, охватывает механику, гидравлику, гидростатику, аэрометрию, перспективу, катоптрику, диоптрику, астрономию, хронологию, географию, гномонику, архитектуру, фортификацию и артиллерию.

Таким образом, практическая математика у Крафта оказалась одной из составных частей теоретической философии. Это обстоятельство не только отчасти курьезно, но и весьма знаменательно. Оно как раз подчеркивает отмеченный нами выше характер перестройки «Храма наук» и связанные с ней трудности по созданию единой классификации. Технические науки включаются в теоретическую философию потому, что там издавна находились связанные с ними арифметика и геометрия. О том, что они должны входить в философию практическую, нет и речи. Между тем на деле понимание того, что такое практика, резко изменилось, требовался пересмотр состава именно практической философии. Последняя уже фактически захвачена духом меркантилизма, а, по Крафту, она все еще «нас к добродетели и ко всякому происходящему из оной благополучно ведет»<sup>11</sup>. Поэтому и состав ее у этого ученого традиционный: юриспруденция натуральная (естественное право) и гражданская, экономика, политика и история. При всех явных и скрытых недостатках и упущениях (в частности, из рас-

<sup>9</sup> Зубов В. П. Историография естественных наук в России. М. 1956. С. 19.

<sup>10</sup> К [рафт] В. О философии // Примечания на [Санкт-Петербургские] Ведомости. Ч. 52. СПб, 1738. С. 192, 200.

<sup>11</sup> Там же. Ч. 52—57. С. 200—204, 211.

смотрения выпали грамматика и риторика), надо признать, что сочинение Крафта является одним из первых в России опытов классификации наук, положивших начало разработке проблем науковедческого характера.

Но рядом с этой классификацией существовала и еще одна — пространная и довольно оригинальная. Речь идет об анонимном сочинении под названием «Вкратце о мудрости», включенном в рукописный сборник середины XVIII в. из собрания Государственного Исторического музея. Так же, как и Крафт, автор этого труда именует всю совокупность знания философией, но предпочтительно использует славянскую кальку — *любомудрие*.

Разделив вначале «мудрость вообще» и мудрость, «обученную твердо», сочинитель дает подробную классификацию последней. Он обращает внимание читателей на то, что «древние разделяли весь состав *любомудрия* на философию умственную, нравственную и естественную», но, «не опровергая сего их деления», предлагает собственное. «Твердо обученная мудрость», т. е. наука в целом, разделяется на мудрость «богословствующих» и «любомудрствующих». В дальнейшем мы будем следить только за подразделениями последней. «Любомудрствующей мудрости» (витиеватость стилия XVIII столетия!) подчинены: «первое, мудрость законоучительствующих», «второе, врачевствующих», «третье, счисляющих, измеряющих и сравнивающих количества, а сии особенно математиками именуются»<sup>12</sup>.

Это разделение осуществляется, по-видимому, по характеру объекта знания. Но затем появляется еще один принцип, отчасти перекликающийся с «моральными» разведением нужных и полезных наук у Татищева: вводится деление наук на «предуготовляющие», или «служачие орудие», — инструментальные, технические в самом широком смысле слова, и «наглавнейшие» — фундаментальные. К «предуготовляющим учениям» отнесены грамматика, риторика,

логика, онтология (наука о бытии), арифметика, алгебра, геометрия, «история философическая». «Наглавнейшие» знания разделяются на теоретические и практические. Теоретические состоят из теологии, или «богословии естественной» («натуральная теология» у Крафта), пневматологии (учение о духовном мире) и физики. Метафизики (т. е. философии в собственном смысле) здесь на первый взгляд нет вообще, но в конце своей работы автор упоминает, что она состоит из онтологии, естественной теологии и пневматологии. Поскольку же онтология, наряду с логикой, выше была отнесена к «предуготовляющим учениям», нетрудно заключить, что в основе теоретического раздела «наглавнейших» знаний лежат метафизика (без онтологии) и физика.

Сухой перечень дисциплин не дает, конечно, достаточного представления о содержании этого любопытного труда. Каждая наука в нем между тем получает развернутую характеристику, порой содержащую исторические экскурсы. Так, рассказывая о «пневматологии» и обсуждая вопрос о месте «престола ума» в человеческом теле, автор приводит следующие точки зрения: «Древнии поставляли оный в сердце, однако мнение их противится внутренней совести. Новейшии в голове утверждают его, но не соглашаются между собою, в коей бы ему там быть части. Картезий в железе остроголовчатой, или тюрчиковой, Клерик с Вортоном в мозолистом или шероховатом тельце. А Рудигер с Генриком Мором в продолжающемся от мозга мозжечке»<sup>13</sup>. Что за имена и метафоры? Что за тюрчиковая железа или шероховатое тельце?

Два из упомянутых здесь имен известны достаточно хорошо — это французский философ Р. Декарт, Картезий (1596—1650) и английский натурфилософ Г. Мор (1614—1687). Томаса Вортона (1614—1673), автора «Аденографии», знают главным образом историки медицины. А вот остальных нет в помине даже в обстоятельном новейшем труде по истории це-

ребральной анатомии<sup>14</sup>. И все же в свое время это были известные люди. Андреас Рюдигер работал в начале XVIII в., ему принадлежит диссертация о слизи, написанная в 1718 г.; Даниил Клерик (1652—1728) был одним из авторов фундаментального свода сведений по анатомии, занимался историей медицины. Таким образом, наш неизвестный автор обладал довольно широкой эрудицией. В какой мере он разделял мнение, которое объединяло все перечисленные авторитеты, будто ум определенным образом локализован в физическом пространстве, мы с уверенностью заключить не можем. Отметим кстати, что два из используемых им терминов — «мозолистое или шероховатое тело» (пучок нервов, соединяющих большие полушария мозга) и мозжечок (мозжечок), остаются действительными и поныне; что же касается «тюрчиковой железы», то определить, что это такое, трудно. Если подразумевается щитовидная железа (*glandula thyroidea*), то она с головным мозгом связана весьма отдаленно.

Физика раскрыта автором очень подробно. Общая характеристика заслуживает быть процитированной хотя бы в извлечениях. «Обладает физика обще всем чувственным естеством, а в нем пространством, местом, протяжением, распространением, разделяемостью, непроницаемостью. Так что, кто не ведает, что в себе есть движение, тот отнюдь не знает всего естества, как то Аристотель произрек негде... Физика рассуждает или о мире, исполненном всюду вещества, или о мире, имеющем в своем распространении пустоту... или также о мире, имеющем нечисленные вихри, дабы ему быть в движении и состоять в целом соединении своем... Она или все восписывает механизму, или приобщает, для приведения всего в способ, некоторый дух, вображающий и действующий внутренно в веществе...»<sup>15</sup>. Разделя-

<sup>12</sup> ГИМ. Собр. Е. Барсова. № 2295. Л. 138.

<sup>13</sup> Там же. Л. 147 об.— 148.

<sup>14</sup> Meyer A. Historical aspects of cerebral anatomy. Oxford, 1971.

<sup>15</sup> Собр. Е. Барсова. № 2295. Л. 149—150.

ется физика на опытную и математическую. В последнюю включаются почти все те дисциплины, которые у Крафта отнесены к «практической математике». Что же касается «практических, или деятельных, учений», то к ним относятся философия нравственная, философия гражданская, или политика, право, «эфика» (этика) и патология (учение «о страстях души»).

Нетрудно заметить, что при наличии некоторых общих положений различие между классификациями и определениями наук, предложенными Крафтом и неизвестным автором сочинения «Вкратце о мудрости», достаточно значительны. Они дают основания предполагать, что в первой половине XVIII в. величественный образ «Храма наук» четко просматривался далеко не во всех частях и деталях, и что Ломоносов отнюдь не преувеличивает трудностей, возникающих даже при самом общем знакомстве с этим непрерывно строящимся зданием...

## ВОЛЬФИАНСКАЯ ТРАДИЦИЯ

Рассмотренные выше сочинения нет оснований ставить в прямую зависимость от вольфианской традиции. Между тем на протяжении всего XVIII в. именно с ней связано расширение познания на историческое (под этим термином понималось чувственное, опытное познание), философское и математическое. Использование данного расчленения приводило к выделению математического познания в самостоятельный и едва ли не высший раздел знания, что существенно ограничивало область философского. Наиболее последовательно и развернуто принцип тройственного членения познания проведен в книге адъюнкта Петербургской Академии Г. Н. Теплова «Знания, касающиеся вообще до философии» (1751). Рецензировавший эту книгу в рукописи Ломоносов нашел, что «она весьма полезна будет российским читателям»<sup>16</sup>.

Теплов предполагал дать систематическое изложение ос-

новных проблем и понятий «Философии» и логики в двух книгах, но в свет вышла только первая. Однако даже в неполном (без логики) виде этот самый ранний на русском языке печатный учебник философии представляет значительный интерес самостоятельности ряда определенных, глубокими историко-научными экскурсами и, конечно же, классификацией знаний.

Теплов разделяет философию на «инструментальную», «теоретическую» и «практическую». К первой относится логика, а последнюю, как обычно, представляют дисциплины, исследующие вопросы нравственности и общественной жизни. Теоретическая философия — «та, через которую знать можно всех тел чувствительных и видимых бытность, качество, количество, движение, перемену и все из того происходящие явления, что обще называется физикою». «Наука физическая, — по мнению Теплова, — есть самая нужная часть между всеми науками, и она разделяется на три класса, на анатомию, химию и историю натуральную»<sup>17</sup>.

Другое предлагаемое Тепловым разделение физики обусловлено тремя типами познания. Вслед за Хр. Вольфом он определяет историческое познание как имеющее предметом явления, философское как изучающее причины, а математическое — количество. «Познание вещей человеческое, — пишет Теплов, — есть самое совершенное то, в котором познанию историческому философское последует, а после оба оныя просвещаются от математического»<sup>18</sup>. Физика разделяется на историческую, философскую и математическую, но остается не вполне ясным, входят ли в теоретическую философию все три указанные части или только одна; не уточняет Теплов и того, как в соответствии с тремя типами познания подразделяются анатомия, химия и история натуральная — основные части физики при чле-

нении по предметному принципу.

Это труды печатные. Но совсем недавно автор статьи исследовал оставшийся в рукописи курс логики 1758—1759 гг., составленный Макарием Петровичем, преподавателем Московской Славяно-греко-латинской академии; впоследствии он стал ректором Тверской семинарии. Его труд — первый в XVIII в. учебник логики на русском языке — опирается главным образом на «Логику» вольфианца Хр. Баумейстера, но использует также курс картезианца Э. Пуршо. В целом ряде отношений сочинение Макария обнаруживает близость с логическими воззрениями Ломоносова<sup>19</sup>. Вслед за Хр. Баумейстером Макарий предлагает разделение познания на историческое, философическое и математическое, но в частных вопросах классификации он занимает, по-видимому, самостоятельную позицию.

Теоретическую философию Макарий разделяет на физику и пневматологию. Последняя в данном случае есть то же самое, что метафизика, и включает онтологию, космологию, психологию (экспериментальную и рациональную) и натуральную теологию. В физику входят метеорология, ориктология, или «знание ископаемых из земли вещей», «гидрология», фитология (в свою очередь, состоящая из «ботаники», т. е. ботаники и «дендрологии»), физиология и даже телеология.

В состав практической философии Макарий включает «философию практичную универсальную» (суть ее подробно не раскрывается), этику, естественное право, «экономию» и логику. Науки «математические» Макарий не включает в понятие философии, и потому они в его классификации не представлены. Из рассмотренных выше сочинений Макарий в вопросах классификации наук стоит ближе всего к автору «Вкратце о мудрости», но у него нет деления на «предуготовляющие» и «наглавнейшие» зна-

<sup>17</sup> Теплов Г. Н. Знания, касающиеся вообще до философии. СПб, 1751. С. 27, 49.

<sup>18</sup> Там же. С. 120.

<sup>19</sup> См.: Гаврюшин Н. К. «Риторика» М. В. Ломоносова и «Логика» Макария Петровича // Памятники науки и техники. 1985. М., 1986.

<sup>16</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 9. С. 631.

ния, значительно уже объем физики и т. д.

### КЛАССИФИКАЦИЯ НАУК ПО ЛОМОНОСОВУ

Таков был теоретический уровень российского наукознания в середине XVIII в., когда во всю мощь проявился гений Ломоносова. Он развивал те же проблемы и, подобно своим современникам, постоянно сталкивался с трудностями терминологического порядка. Так, например, свое физическое учение об атомах, или корпускулах, он многократно именуется «корпускулярной философией», но в «Слове о явлениях воздушных» детально разделяет области прикладной математики, прикладной физики и практической философии.

В подготовительных заметках к «Системе всей физики» и «Микрологии» Ломоносов задается вопросом о соотношении трех видов познания, очевидно, не вполне принимая известные определения: «Историческое познание, философское и математическое, каковы будут у меня»<sup>20</sup>. Этих вопросов Ломоносову приходилось касаться и в связи с предложениями по преобразованию Академии наук и организации учебного дела. Так, например, по составленному им «Стату Академического собрания» (1758—1759), последнее делилось на три класса: математический (математика, астрономия, механика), физический (физика, медицина, химия) и исторический (анатомия, ботаника, металлургия). Исторический класс здесь, как видим, включает в себя естественные науки. Зависимость этой структуры от традиционного деления познания (физическое тут равно философскому) совершенно очевидна. Однако Академическому университету (учебное заведение при Академии наук) по тому же «Стату» положено три факультета — юридический, медицинский и философский (с изучением математики, физики, красноречия, древностей и т. д.), а по другому варианту — математический, физический (с ана-

томией и ботаникой) и исторический, но в другом значении слова, — уже чисто гуманитарный, включающий собственно историю, юриспруденцию, восточные языки, философию и красноречие<sup>21</sup>.

В последние годы жизни Ломоносов предпринял попытку классификации ряда естественных наук по изучаемым ими свойствам корпускул, первоначально выделив два главных отдела новой науки «Микрологии» — «Химию» и «Оптику», потом дополнив их поставленной впереди «Аэрометрией», а в дальнейшем вообще отказавшись от традиционных названий дисциплин. Работа эта Ломоносовым закончена не была. Любопытно отметить, что как само название «Микрология», так и некоторые методологические установки позволяют сблизить построения Ломоносова со взглядами великого итальянского мыслителя-утописта Т. Кампанеллы (1568—1639). Последний различал два основных типа знания — построенное на откровении (на нем зиждется теология) и имеющее источник «Книгу природы». Последний тип знания носит название «Микрология», которая подразделяется на естественную (геометрия, космография, астрономия, медицина и т. д.) и моральную (этика, политика и др.). Общая рефлексия над этими видами знания осуществляется метафизикой.

Ломоносов, как известно, придерживался точно такого же разделения основных типов знания и также использовал образ «Книги природы»: «Создатель дал роду человеческому две книги. В одной показал свое величество, в другой — свою волю. Первая — видимый сей мир, им созданный... Вторая книга — священное писание. Нездраворассудителен математик, ежели он хочет божескую волю вымерять циркулом. Таков же и богословия учитель, если он думает, что по псалтире научиться можно астрономии или химии»<sup>22</sup>.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что для ломоносовской эпохи характер-

на неустойчивость в именовании отдельных наук и их совокупности. Как теоретическая задача, осмысление науки в качестве целого и осуществление классификации знаний не выдвигается. Наряду с основным принципом разделения знаний по предметному принципу используются также и принципы практической полезности, а парным к принципу инструментальности знаний выступает принцип их фундаментальности. Достаточной четкости в определении границ между отдельными науками нет. Наибольшим постоянством обладает, по-видимому, комплекс механико-математических дисциплин, который мы почти без изменений находим в большинстве рассмотренных выше сочинений. Не было значительных расхождений и в определении состава практической философии, в основе которой лежит аристотелевская триада «право—политика—экономика», дополняемая этикой. Между тем именно в этой области необходимость изменений была очевидной. Меньше всего имелось определенности в отношении состава и границ физики, хотя в «Храме наук» ей отводилось важное место.

В сознании современников Ломоносова «Книга природы» стоит рядом с Евангелием, а «Храм наук», еще не вполне определившийся в своих основаниях, высится вровень с домом церковным. В предлагаемой Ломоносовым своеобразной «табели о рангах» естествоиспытатели и математики стоят на одних ступенях с пророками и апостолами. Но средневековые образы не соответствовали реальному характеру научного развития. «Книга природы» все более интенсивно вовлекалась в сферу прикладного и «технического» знания, подчиняясь интересам мануфактурного производства, и «Храм наук» постепенно перестраивался, проникая задачами практической полезности. В XIX в. практическая философия, которая нас «к добродетели и происходящему из нее благополучию ведет», окажется за его стенами.

<sup>20</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 3. С. 495.

<sup>21</sup> Там же. Т. 10. С. 66—68.

<sup>22</sup> Там же. Т. 4. С. 375.

## Бесценный дар природы

Г. В. Добровольский



Глеб Всеволодович Добровольский, член-корреспондент АН СССР, председатель научного совета по проблемам почвоведения и мелиорации почв АН СССР, декан факультета почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Основные научные интересы сосредоточены в области генезиса, географии и охраны почвы, истории почвоведения. Автор многих работ и учебников по этим разделам почвоведения.

Несколько тысячелетий прошло с того времени, когда люди неолита впервые начали заниматься земледелием, когда на смену собирательству продуктов питания пришло их производство. Человек стал постепенно накапливать сведения о свойствах почв, их разнообразии и пригодности для выращивания на них тех или иных сельскохозяйственных растений.

Начался длительный период эмпирического накопления знаний о почвах и возделываемых на них растениях, что повлекло за собой развитие земледелия и растениеводства, которые достигли довольно высокого уровня в древних земледельческих цивилизациях. Примитивные системы земледелия сменялись все более эффективными, включавшими не только обработку естественных почв, но и улучшение их путем орошения, удобрения и др.

И все же науки о почве как стройной системы знаний не было вплоть до XIX в. Не было потому, что не существовало ясного и четкого ответа на вопрос, что же такое почва?

На первый взгляд, это кажется странным, если иметь в виду огромный опыт земледелия, приобретенный человеком за его долгую историю. Но при более внимательном рассмотрении оказывается, что ничего странного здесь нет. В самом деле, мы часто не замечаем того,

с чем имеем дело повседневно и постоянно. Тривиальный, но убедительный пример тому — открытие Ньютоном закона всемирного тяготения, с проявлениями которого человек имел дело всегда.

Нечто аналогичное произошло и с открытием почвы как особого природного тела. Честь этого открытия принадлежит великому русскому естествоиспытателю — Василию Васильевичу Докучаеву (1846—1903).

### ПЕРВЫЙ ПОЧВОВЕД

Однако задолго до Докучаева многие вопросы происхождения почв и их плодородия, связи с определенными типами растительности и горных пород, географии почв уже нашли место в работах М. В. Ломоносова. Недаром Докучаев высоко оценил заслуги Ломоносова в развитии науки о почве. «Ломоносов давно уже изложил в своих сочинениях ту теорию, за защиту которой я получил докторскую степень, и изложил, надо признаться, шире и более обобщающим образом»<sup>1</sup>, — писал Докучаев в 1898 г.

Конечно, эти слова нельзя понимать буквально, однако они свидетельствуют о

<sup>1</sup> Докучаев В. В. Избр. соч. Т. 3. М., 1949. С. 360.

глубоком проникновении Ломоносова в сущность вопроса о генезисе почв, в том числе черноземных.

Наиболее полно свои взгляды на почву Ломоносов изложил в замечательной книге «О слоях земных»<sup>2</sup>. Характеризуя самый верхний слой земли, Ломоносов стремился понять происхождение чернозема, подразумеваемая под этим термином самую важную часть почвы — почвенный перегной. Он утверждал, что происхождение чернозема «не минеральное, но из двух протчих царств природы, всяк признает... От животных и растений умножение черной садовой и огородной земли известно: о том везде уверяют жилые места и вавозом удобренные пашни»<sup>3</sup>. Откуда же берется перегной в лесах и лугах? Отвечая на этот вопрос, Ломоносов рисует ясную картину образования почв под моховой, лесной и травянистой растительностью и приходит к выводу: «Итак, нет сомнения, что чернозем — не первообразная и не первозданная материя, но произошел от согнития животных и растущих тел со временем»<sup>4</sup>.

Воздействие растительности на горные породы Ломоносов понимал как динамический процесс почвообразования, начинающийся с влияния примитивной лишайниково-моховой растительности и продолжающийся далее под воздействием высших растений. «И каменные голые горы часто показывают на себе зелень мху молодого, которая после чернеет и становится землею; земля, накопясь долгою времени, служит после к произведению крупного мху и других растений»<sup>5</sup>.

И хотя Ломоносов жил и работал в то время, когда почвоведения как определенной системы знаний еще не существовало, он уже тогда, около 250 лет назад, четко сформулировал тезис об образовании почвы в результате воздействия мира организмов на горные породы. Почва, по Ломоносову, не есть нечто раз данное и неизменное, но, возникая, она со временем изменяется и развивается. В сущности, в своей знаменитой книге Ломоносов кратко и правильно изложил проблемы генезиса почв, динамики почвообразования и их связи с развитием растительности.

Анализируя взгляды Ломоносова на происхождение почв с современных позиций, нельзя не удивляться меткости его

суждений, способности вскрыть самую главную сущность почвообразовательного процесса.

Не случайно в проблеме генезиса почв особое внимание Ломоносов уделил происхождению почвенного перегноя, образование которого он связывал с деятельностью биологических факторов. Поразительно, что, будучи в большей мере геологом, нежели биологом, Ломоносов объяснил формирование различных почв влиянием не столько горных пород, на которых они образуются, сколько различием типов растительности, воздействующих на почву. При этом он не только констатировал отличия почв под разными типами растительности, но и объяснял сам механизм воздействия растений на почву, учитывая при этом количество и качество растительного опада, условия его разложения и превращения в перегной, проникновения в толщу почвы. В его мыслях и наблюдениях нельзя не видеть блестящего предвосхищения современного учения о биологическом круговороте веществ в процессе почвообразования.

Удивительно точен и образен язык Ломоносова: «В лесах, кои стоят всегда зелены, и на зиму листа не роняют, обыкновенно бывает земля песчаная; как-вы в наших краях сосняки и ельники. Напротив того, в березняках и других лесах, кои лист в осень теряют, больше преимуществует чернозем. А как известно, что лист на земли согнивает и в вавоз перетлевет; то не дивно, что чрез них пески, глины и другие подошвы черною землею покрываются тем больше, чем лес гуще и выше. Сосновые, еловые и других подобных дерев иглы спадают в малом количестве, но и для того не могут с листьями сравниться. Когда ж где и есть чернозем в ельнике, то, конечно, от близости и соседства других дерев... То же должно расудить и о лугах на черноземе, где трава не бывает скошена или стравлена от скота и в вавоз перегнивет, тук земной умножая»<sup>6</sup>.

Один из возможных путей образования богатых перегноем почв Ломоносов видел в гумификации торфа: «При сем весьма вероятно, что снизу и подгнивет, обращаясь в черную землю»<sup>7</sup>. Интересны мысли Ломоносова о влиянии горной породы и рельефа местности на накопление перегноя в почвах, на процессы эрозии почв и грунтов. По его мнению, неблагоприятны для накопления в почвах перегноя

<sup>2</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 3. С. 530—631.

<sup>3</sup> Там же. С. 589.

<sup>4</sup> Там же. С. 590.

<sup>5</sup> Там же.

<sup>6</sup> Там же. С. 589—590.

<sup>7</sup> Там же. С. 590.

песчаные породы, покатые склоны и слишком низкие места, где «листопадный лес стоит на песку, то, конечно, тут песок глук и чернозем в себя пожирает; или где на низких и покатых местах вымывает легкие черноземные частицы дождями и в даль сносит, а песок, садясь скорее на дно, остается удобнее на старом месте»<sup>8</sup>.

Термин «чернозем» Ломоносов употреблял, видимо, в одних случаях для обозначения почвенного перегноя, в других — для обозначения вообще черной земли, в том числе и черноземов в современном понимании. Например, описывая характер поверхности земли, Ломоносов упоминает наряду с болотами и тундрами «и степи, где трава растет на черноземе».

В трудах и сочинениях Ломоносова можно найти также сведения о географическом разнообразии почв, в том числе о почвах тундр, болот, хвойных и лиственных лесов, степей, о песчаных пустынях, о землях Аравии «что стоят бесплодны от излишества солей», о засоленных землях Прикаспийской низменности и др.

Генезис и география почв интересовали Ломоносова не только как ученого-натуралиста. Он размышлял о практическом использовании почв в земледелии. В письме к И. И. Шувалову от 1 ноября 1761 г. Ломоносов говорит о своем намерении написать большой экономический трактат «О народонаселении России», в котором предусматривалась глава «О исправлении земледелия». К сожалению, этот проект не был осуществлен.

В разных работах Ломоносова содержится много метких наблюдений, интересных соображений, имеющих прямое или косвенное отношение к почвоведению. Отражение идей Ломоносова о почве и почвообразовании мы находим в трудах многих русских ученых. Так, в 1765 г., т. е. через два года после издания книги Ломоносова «О слоях земных», академик И. Г. Леман в своей статье «О различии земли в рассуждении экономического ее употребления» вслед за Ломоносовым рассматривал плодородие почвы в тесной связи с растительностью: «Каждая земля в своем роде плодородна, когда она употребляется к произведению таких растений, которые ей сродни...»<sup>9</sup>.

Влияние идей Ломоносова в области почвоведения мы видим в сочинениях известных русских агрономов А. Т. Боло-

това, И. М. Комова, в минералогических работах академика В. М. Севергина, в «Слове о Ломоносове» А. Н. Радищева, где в комментариях к ломоносовской книге «О слоях земных» находим дальнейшее развитие его мыслей о почве<sup>10</sup>.

Несмотря на то что некоторые идеи Ломоносова, намного опередившие свой век, нашли достойное продолжение лишь много лет спустя, в целом учение Ломоносова о почве оказало огромное влияние на почвоведение.

Особенно интересовавший Ломоносова вопрос о происхождении чернозема был блестяще разработан Докучаевым в его знаменитой книге «Русский чернозем» (1883). Там были заложены и прочие основы науки о почве как широкой естественно-исторической дисциплины, у истоков которой стоял гениальный Ломоносов.

Кольбелью отечественного почвоведения мы по праву можем считать Московский университет, основанный Ломоносовым и носящий сегодня его имя. Здесь уже с 1770 г. началось преподавание почвоведения. Один из первых русских профессоров университета М. И. Афонин выступил в 1771 г. на торжественном публичном собрании университета с лекцией «О пользе, знании, собирании и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве». В Московском университете в 1922 г. была открыта первая университетская кафедра почвоведения, а в 1973 г. создан первый в системе университетского образования факультет почвоведения. Он объединяет восемь кафедр и десять научных лабораторий, обеспечивающих разностороннюю подготовку специалистов-почвоведов и ведущих большую научно-исследовательскую работу в области генезиса и систематики, физики и химии, биологии и географии почв, разрабатывающих проблемы охраны и повышения их плодородия.

## ОСОБОЕ ПРИРОДНОЕ ТЕЛО

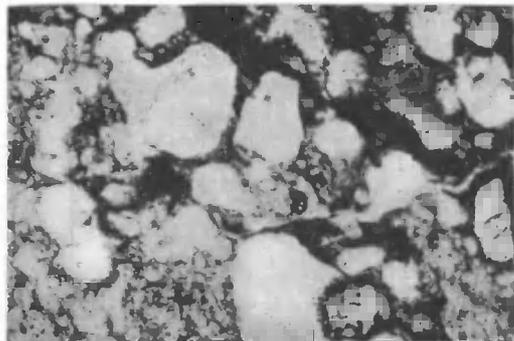
Творчески развивая научное наследие Ломоносова и Докучаева, современное генетическое почвоведение, родоначальником которого был Докучаев, все глубже раскрывает учение о почве как особом природном теле, об особенностях его генезиса, состава, строения и функций на всех уровнях организации почвы.

Важнейшая особенность почвы за-

<sup>8</sup> Там же. С. 589—590.

<sup>9</sup> Тр. Вольн. эконом. об-ва. Ч. 1. 1765. (Цит. по: Виленский Д. Г. История почвоведения в России. М., 1958. С. 40.)

<sup>10</sup> Крупеников И. А. Труды А. Н. Радищева по почвоведению и агрономии и их значение в истории науки о почве // Почвоведение. 1953. № 7. С. 52—65.



Строение минеральной части почвы: светлые структуры — зерна первичных минералов (скелет почвы), темные участки — тонкодисперсное вещество (плазма), составляющее основу почвенной массы. Увел. 32.

ключается в том, что она представляет собой органо-минеральное природное тело, которое состоит из тесно связанных между собой минеральных компонентов, организмов и продуктов их жизнедеятельности. Эта особенность вещественного состава почвы и послужила основанием В. И. Вернадскому отнести почву к биосферным природным телам. Изучение таких естественных тел, по его словам, «играет в науке огромную роль, так как в них можно изучать самый процесс влияния жизни на косную природу — динамическое, устойчивое равновесие, организованное биосферой»<sup>11</sup>. Органическая часть почвы включает самые различные классы соединений. Наибольшее значение среди них имеют специфические гумусовые вещества, а также белки, углеводы, липиды, воски, смолы, лигнины и др.

Специфические гумусовые вещества, по современным представлениям, — это более или менее темноокрашенные азотсодержащие высокомолекулярные соединения кислотной природы (гумусовые кислоты). Их количество, состав и свойства отражают условия почвообразования и генетические особенности разных типов почв. Вместе с тем гумусовые кислоты в значительной мере определяют плодородие почв, так как с ними непосредственно связан весь комплекс биохимических и физико-химических процессов, протекающих в почве. Не меньшее значение имеет и минеральная часть почвы, представленная поликомпонентной и полидисперсной мас-

сой: крупными гранулометрическими фракциями (более 1 мм), которые составляют как бы скелет почвенного тела, и тонкодисперсными фракциями (менее 0,001 мм), отличающимися высокой реакционной способностью и подвижностью. Именно эти тонкодисперсные фракции, иногда называемые почвенной плазмой, и обуславливают поверхностную энергию почвы, ионный обмен, а также многие физические и физико-химические свойства, в том числе такие важные в агрономическом отношении, как водоудерживающая способность и водопроницаемость, липкость, пластичность, набухаемость, способность к агрегированию и др.

Органические и минеральные компоненты почвы образуют друг с другом разнообразные органо-минеральные соединения. Большая часть гумусовых веществ связана в почве с силикатами, катионами и оксидами металлов. Сложность и многоплановость почвообразования обусловлена взаимодействием на поверхности суши двух миров — органического и минерального, что определяет сложность структурной организации почвы.

В настоящее время в почвоведении успешно развивается учение о разных уровнях организации почвы и почвенных процессов. Сегодня можно выделить три основных уровня изучения почвы. Это прежде всего профильный, или вертикальный, уровень, хорошо известный каждому почвоведу (почвенная колонка, или профиль, состоит из взаимосвязанных почвенных горизонтов, сформировавшихся в процессе почвообразования). Именно изучение профильных уровней оказалось особенно плодотворным в генетическом почвоведении. На его основе на территории нашей страны выделено более 100 типов и несколько тысяч видов и разновидностей почв.

Наряду с развитием этого классического направления в изучении почв, в современном почвоведении сформировались два новых подхода — микроскопический и макроскопический, которые позволяют, с одной стороны, глубже проникнуть в микромир почвы и понять механизм свойственных ему элементарных почвенных процессов, а с другой — изучить почву как компонент наземной биогеоценоза, а при помощи дистанционных аэрокосмических методов понять структурную организацию почвенного покрова Земли как глобальной биосферной системы, охватывающей всю ее поверхность. Проникновение в микромир почвы с помощью современных, точных микрометодов показало исключительную сложность и гетеро-

<sup>11</sup> Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Т. 2. М., 1977. С. 116.

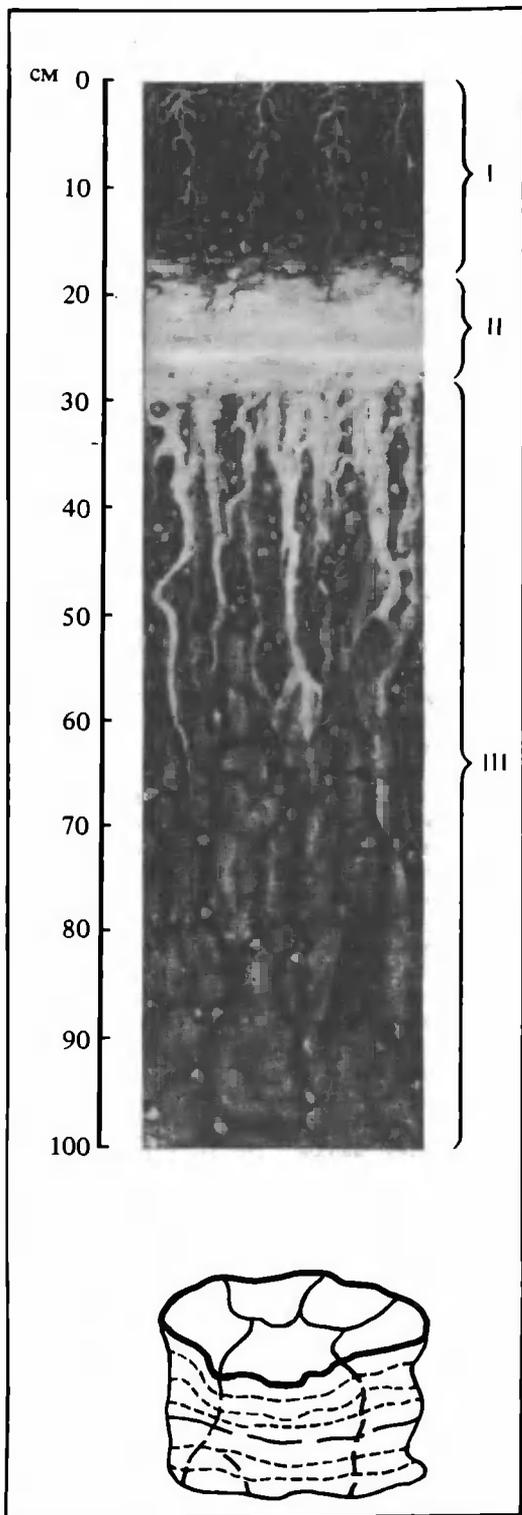
Схематический профиль дерново-подзолистой почвы. Горизонты: I — гумусо-аккумулятивный, II — подзолистый, III — иллювиальный. Внизу — структурная организация почвы подзолистого горизонта. Пунктиром обозначены агрегаты разного порядка.

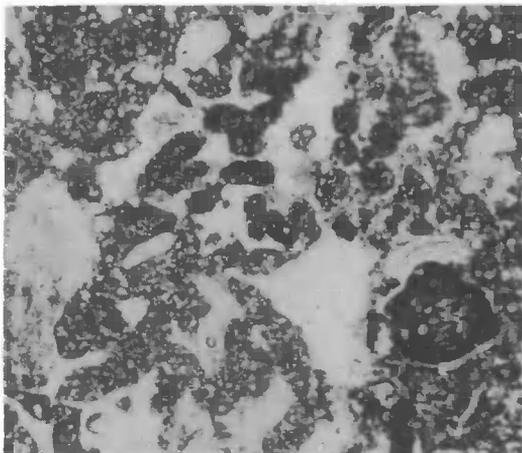
генность ее микростроения, состава и свойств. Эти же черты характерны и для глобального уровня организации почвы — почвенного покрова. Развитие географии и картографии почв, почвенно-географического районирования, применение дистанционных аэрокосмических методов в почвоведении послужило основанием рассматривать ныне почвенный покров мира как особую сферу Земли — педосферу, обладающую многоступенчатым структурно-соподчиненным типом строения, сложившимся в результате длительной истории развития нашей планеты.

Сто лет, прошедшие с первых основополагающих работ Докучаева, не только полностью подтвердили статус почвы как особого природного тела, но и показали вместе с тем исключительную роль почвы в истории и жизни Земли как планеты.

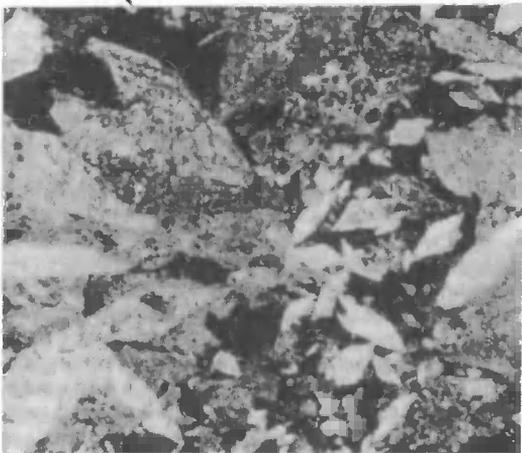
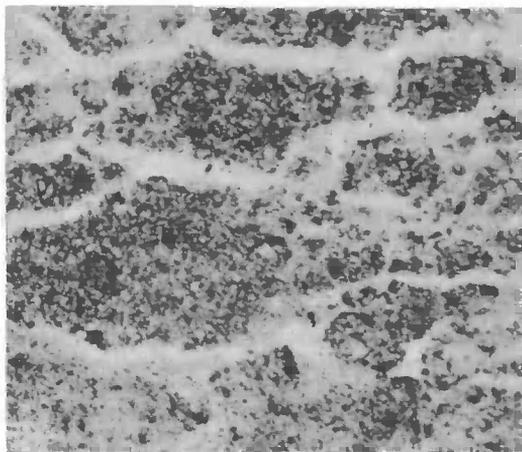
В наш век возрастающего значения информатики все больший интерес вызывает своеобразная функция почвы как память истории развития природных ландшафтов. Мы все более убеждаемся, что строение, состав и свойства почв отражают не только современные условия почвообразования, но и характер прошлых этапов эволюции природных ландшафтов. Это свойство почв «записывать» и хранить в виде реликтовых признаков память о прошлых стадиях развития и природных условиях получило в почвоведении даже специальный термин — «почва-память». Например, в профиле многих дерново-подзолистых почв таежной зоны Западной Сибири на глубине 30—60 см от поверхности почвы сохранился второй гумусовый горизонт. По своему составу и свойствам он отличается от современного верхнего гумусового горизонта. Как считает большинство исследователей, этот реликт прошлой темноцветной лугово-болотной почвы сформировался в среднем голоцене (около 5—7 тыс. лет назад), но изменился в ходе эволюции почвы в соответствии с меняющимися природными условиями.

Свойство «почвы-памяти» все шире используется в палеогеографии, палеобо-





Типы микростроения почв: вверху — агрегированное строение гумусового горизонта дерново-подзолистой почвы, для которого характерна высокая биологическая активность; в центре — слоистое строение подзолистого горизонта, обедненного гумусовым веществом; внизу — гипсоносный горизонт пустынной почвы, основу которого составляют ромбовидные кристаллы гипса, создающие неблагоприятные физико-химические свойства. Увел. 40.



танике, археологии, исторической геологии и других науках, изучающих историю Земли. В почвоведении это направление исследований также получило наименование палеопедологии (палеопочвоведения).

### ЕДИНАЯ ПРИРОДНАЯ СИСТЕМА

На современном этапе особое место занимает учение о почве как полифункциональной природной системе. Впервые очень хорошо об этом сказал еще в 1947 г. академик Б. Б. Полынов: «Согласно дучаевскому учению, почва — продукт взаимодействия между организмами и горными породами, т. е. между живой и мертвой природой. В настоящее время мы не только принимаем это положение, но развиваем и дополняем его. Мы говорим, что почва не только продукт взаимодействия между организмами и горными породами, но и система этих взаимодействий — пленка, в которой процессы такого взаимодействия никогда не прекращаются. Если их нет, то нет и почвы»<sup>12</sup>.

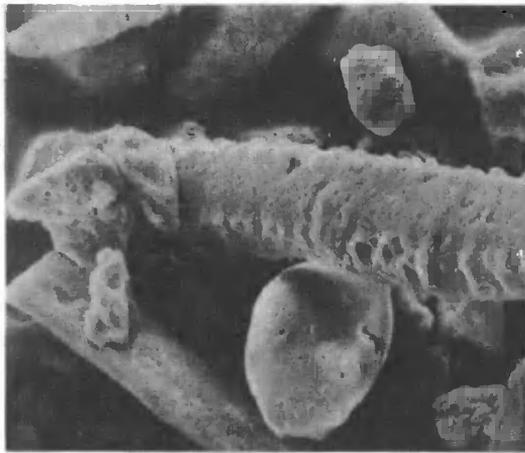
Уже из этого определения видно, что почва связана с другими компонентами геобиоценоза не односторонне, что она не только «зеркало ландшафта», но и обязательный его компонент, участвующий в жизни биогеоценозов.

Понятие почвы как функциональной природной системы должно служить теоретической основой комплексного изучения и управления почвенными процессами. По мере развития почвоведения, биогеоценологии и учения о ландшафтах значительно расширились наши представления об экологических функциях и связях почвы в жизни биогеоценозов. Они прошли путь от первоначальных примитивных представлений об опорно-механических функциях почвы в жизни растений до современных взглядов на почву как энергетически открытую полифункциональную структурно-

<sup>12</sup> П о л ы н о в Б. Б. Избр. тр. М., 1956. С. 423.



Почвенный микроагрегат, на поверхности которого происходят физико-химические и биохимические процессы. Увел. 600.



Скопления опаловых биолитов в поверхностном горизонте, образующиеся в тканях растений и освобождающиеся после их отмирания в почве. Увел. 1000.

организованную систему, обеспечивающую в совокупности с ее биотой глобальный двусторонний обмен органического вещества в биосфере.

С античного времени и до позднего средневековья в мире господствовала теория водного питания растений, в которой почва рассматривалась лишь как механическая опора корневой системы растений и вместилище почвенной влаги. В дальнейшем, в соответствии с теорией гумусового питания растений А. Тэера, а позднее, уже в середине XIX в. теорией минерального питания Ю. Либиха, главной функцией почвы считалось обеспечение растений минеральными элементами питания.

С развитием теории корневого питания растений и почвенной микробиологии определилось участие почвы в азотном питании растений, а также в трансформации органических и минеральных веществ, осуществляемой различными ферментами. Сегодня ферментативная активность почвы стала одним из диагностических показателей ее биологической активности и плодородия.

В 20—30-х годах XX в., в результате исследований К. К. Гедройца, было открыто еще одно физико-химическое свойство почвы: ее высокая поглотительная способность, обусловленная огромной поверхностной энергией тонкодисперсных минеральных и органических частиц почвы.

Это свойство почвы влияет и на распределение в ней микроорганизмов. Как выяснено специальными исследованиями

Д. Г. Звягинцева, значительная часть почвенных микроорганизмов находится в адсорбированном состоянии на поверхностях твердых частиц почвы.

Почву можно рассматривать как своеобразный энергетический банк. По подсчетам В. А. Ковды и И. В. Якушевской (1967), в гумусе почвенного покрова Земли аккумулировано столько же солнечной энергии, сколько и во всей наземной массе растительности. Именно этот банк энергии и пищи в течение многих веков обеспечивал плодородие черноземов и других богатых гумусом почв без внесения в них минеральных удобрений.

Энергетическая функция почвы становится сейчас одной из интереснейших проблем теоретического почвоведения. Первые успехи в этом направлении уже достигнуты: получены первые формулы энергетического баланса в почвообразовании, намечены закономерные связи географического размещения почв с энергетическим уровнем почвообразования в различных экологических условиях.

## ПОЧВА — ИСТОЧНИК ЖИЗНИ

Экологические функции почвы осуществляются ею как особой средой обитания организмов. Видовое разнообразие наземных растительных и животных организмов несравненно выше, чем разнообразие обитателей водной среды, а биомасса наземных биоценозов в 750 раз превышает биомассу морей и океанов, несмотря на

**Железисто-марганцевая конкреция подзолистой почвы — показатель периодического переувлажнения (вверху, увел. 30). В электронном микроскопе хорошо видны содержащиеся в ней окислы Fe (в центре; увел. 12 000) и соединения окислов Mn (вниз; увел. 6000).**

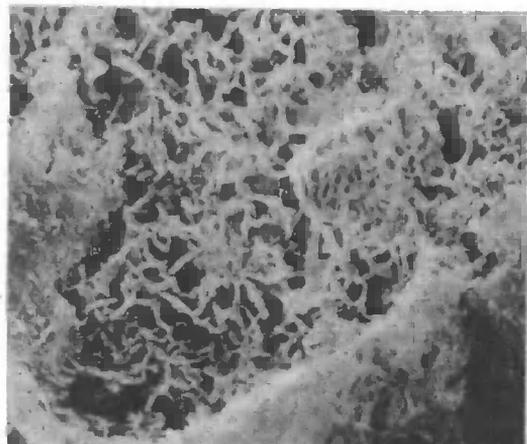
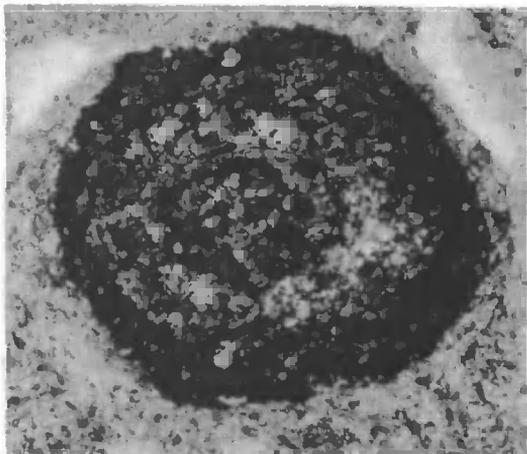
то что их площадь в три раза больше площади суши.

По-видимому, причина столь существенного различия в биомассе организмов суши и океана объясняется большим разнообразием жизненных условий в почве и более высоким уровнем ее структурной организации как среды жизни по сравнению с гидросферой и атмосферой.

Обусловлено это, во-первых, тем, что почва представляет собой трехфазную систему (твердая, жидкая и газовая) и, во-вторых, систему органо-минеральную, т. е. пригодную и для автотрофных, и для гетеротрофных организмов. Эти особенности почвы были положены М. С. Гиляровым (1949) в основу созданного им учения о почве как особой среде обитания и ее значении в эволюции организмов, в том числе в переходе организмов от водного образа жизни к наземному.

Исключительное разнообразие жизненных условий в почве как среде обитания организмов особенно ярко проявилось при изучении микростроения почвы. Основоположник учения о микроморфологии почв В. Кубиена писал в своей известной книге «Микропочвоведение» (1938), что в микроскопических размерах почва отнюдь не масса, а целый мир; он представлен сложнейшей системой ниш, построенных из стеклянного материала разного цвета и прозрачности и населенных разными почвенными организмами в соответствии с различием в размерах и жизненных условиях в этих экологических нишах.

С позиции экологии почвенных микроорганизмов почву нельзя рассматривать как единую среду обитания. Она представляет собой комплекс микро- и мезосред обитания, в каждой из которых имеются свои специфические и часто резко различные условия существования. Благодаря этому в почве одновременно могут развиваться даже прямо противоположные по своим потребностям группы микроорганизмов: гетеротрофы и автотрофы, аэробы и анаэробы, ацидофилы и алкало-



филы и т. д. Все это придает почве уникальные свойства, делает ее весьма сложной системой и обуславливает большую способность к саморегулированию и поддержанию гомеостаза.

По-видимому, именно в трехфазности почвы, в гетерогенности ее состава и строения, разнообразии микробиологических условий кроется причина исключительно высокой населенности почвы самыми различными организмами.

Верхние горизонты почв пронизаны частой сетью корневых систем растений, общая масса которых под древесной и травянистой растительностью в Европейской части СССР составляет от 25 до 100 т на 1 га. Только в 1  $\text{дм}^3$  почвы под лугом общая длина корней злаков превышает 400—500 м, а суммарная длина корневых волосков достигает 50—75 км.

Велик и разнообразен животный мир почвы. Около 95—99 % его массы составляют мелкие беспозвоночные животные, численность которых в разных типах почв достигает десятков миллионов экземпляров на один гектар, а их сухой вес составляет 1—1,5 т.

Только дождевых червей содержится в почвах от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов на один гектар, а их биомасса достигает на той же площади величины 2—4 т. По имеющимся данным, эти черви могут перерабатывать ежегодно от 50 до 600 т почвы, превратив эту массу в мелкие хорошо оструктуренные и обогащенные гумусом почвенные агрегаты, так называемые крополиты. Недаром Ч. Дарвин отводил большую роль в почвообразовании жизнедеятельности дождевых червей.

С помощью электронного микроскопа подсчитано, что в 1 г почвы присутствуют миллиарды клеток микроорганизмов и миллионы одноклеточных простейших. На площади 1 га общая биомасса микроорганизмов в почвах измеряется величинами 2—3 т сухого вещества. При этом следует иметь в виду, что в течение года бактерии дают в среднем 10—15 генераций.

Многочисленные почвенные организмы осуществляют в процессе своей жизнедеятельности сложный комплекс биохимических реакций между органическими и минеральными компонентами почвы. Еще В. И. Вернадский писал, что почва «это область наивысшей геохимической энергии живого вещества, важнейшая по своим геохимическим последствиям лаборатория идущих в ней химических и биохимических процессов»<sup>13</sup>.

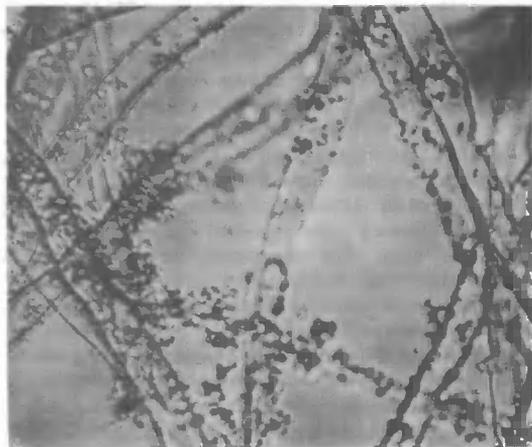
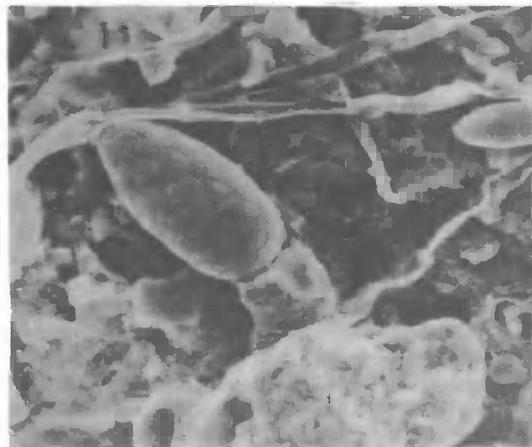
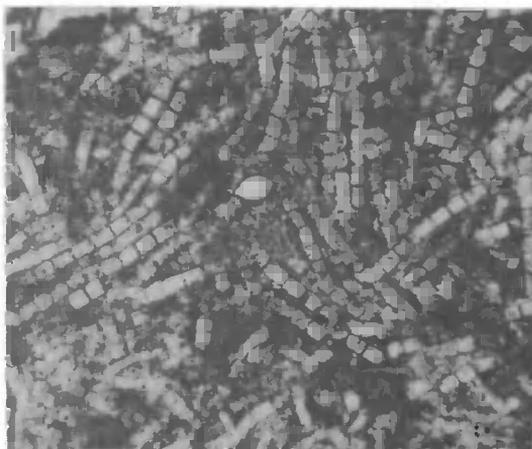
В сущности, именно высокая плотность жизни в почве, ее биогенность и биохимическая активность определяют главное свойство почвы — способность воспроизводить жизнь. Это качество мы называем биологической продуктивностью почвы, а в применении к сельскому хозяйству — ее плодородием. Именно плодородие почвы в сельском хозяйстве обеспечивает нам производство почти 99 % продуктов питания, в том числе 97 % по жирам и 87 % по белку. На плодородии почвы основывается возделывание многих технических культур, используемых далее в различных видах промышленности. На плодородии зиждется и все лесное хозяйство.

Сейчас в мире обрабатывается 1457 млн га земельной площади (10,8 % площади суши), под лугами и пастбищами занято 2987 млн га (22,3 %), под лесом — 4041 млн га (30,1 %); прочие земли занимают 4908 млн га (36,8 %). Быстрорастущее население земного шара потребует столь же быстрого наращивания производства продуктов питания. Каждому новому жителю нашей планеты нужно сейчас в среднем 0,3—0,5 га земли для производства пищи. Только с 1940 по 1975 г. площадь обрабатываемых земель в мире увеличилась почти вдвое: с 830 до 1450 млн га. Но земельные ресурсы мира не безграничны. Следовательно, проблема безразного отношения к земельным ресурсам и повышения плодородия почв на освоенных землях становится все более острой даже в глобальном аспекте.

Наша страна располагает обширным земельным фондом в 2231 млн га, однако площадь пашни составляет немногим более десятой части этой территории, и освоение новых земель под пашню требует крупных вложений средств и труда. Отсюда со всей очевидностью и вытекает задача увеличения производства сельскохозяйственной продукции в соответствии с Продовольственной программой СССР на уже освоенной пашне и других сельскохозяйственных угодьях.

Весь мировой и отечественный опыт сельского хозяйства убедительно свидетельствует, что наиболее высокая его производительность достигается в тех случаях, когда учитываются местные почвенно-климатические и экономические условия. В нашей стране почвы исключительно разнообразны: среди них имеются такие всемирно известные и совершенно различ-

<sup>13</sup> Вернадский В. И. Избр. соч. Т. 5. М., 1960. С. 98.



Живой микромир почв. Вверху, слева направо: микроорганизмы на поверхности почвенных частиц (увел. 4000) и диатомовые водоросли на поверхности аллювиальной почвы (увел. 70). Внизу, слева направо: раковины простейших и гифы грибов в гумусовом горизонте (увел. 3000) и скопления азотобактера в ризосфере гороха (увел. 90).

ные по своим свойствам и плодородию, как черноземы, подзолы, глееземы, солонцы, солончаки и др. На территории СССР сейчас выделено около 270 равнинных и 30 горных почвенных округов, со специфической почвенного покрова которых необходимо считаться в зонально-региональных системах земледелия и землепользования.

Мы располагаем почти половиной (48,4 %) мировой площади плодородных черноземов. И несмотря на то что площадь черноземов составляет всего 8,6 % общей площади СССР, на ней живет около

50 % населения страны и выращивается 3/4 всей продукции зерна.

Все большее беспокойство почвоведов и земледельцев вызывает потеря черноземами гумуса и зернистой структуры, уменьшение их мощности, разрушение процессами водной и ветровой эрозии. А ведь черноземы — это лучшие почвы мира! Нельзя не вспомнить в связи с этим слова Д. И. Менделеева, что «громадные площади черноземных почв России составляют неогценимое богатство нашей страны»<sup>14</sup>. Еще более ярко эту мысль выразил Докучаев, сказав, что «нет тех цифр, какими можно было бы оценить силу и мощь царя почв, нашего русского чернозема. Он был, есть и будет кормильцем России»<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. Т. 1. М., 1927. С. 365.

<sup>15</sup> Докучаев В. В. Цит. соч. С. 358.

## ВАЖНЕЙШЕЕ ЗВЕНО В БИОСФЕРЕ

Как ни велико значение почвы в качестве основного средства производства в сельском хозяйстве, все же оно составляет лишь часть той незаменимой экологической функции, которую почва выполняет в жизни людей, всех наземных живых существ и биоценозов, биосферы Земли в целом.

Почва, эта тончайшая пронизанная жизнью пленка, покрывающая Землю, просто незаменима в жизни нашей планеты. Через эту пленку, как глобальную биокосную мембрану, происходит обмен веществом и энергией между литосферой, атмосферой и гидросферой, а также и со всеми обитающими на земле организмами.

Гидрологический цикл планеты в значительной мере зависит от соотношения величин атмосферной влаги, поверхностного и подземного ее стока. А эти процессы определяются в основном состоянием и свойствами почвенного и растительного покровов. Воспринимая и фильтруя атмосферные осадки, почва формирует химический состав наземных и подземных вод суши, а через них влияет и на состав морских вод. По мнению Вернадского, состав морской воды в его солевой части «обусловлен главным образом химической работой почвы»<sup>16</sup>.

Тонкая биокосная пленка, покрывающая поверхность геологических систем суши, с одной стороны, защищает их от разрушающего действия экзогенных факторов, а с другой — преобразует верхние слои литосферы в коры выветривания, существенно отличающиеся по химико-минералогическому составу от исходных горных пород.

Не меньшее влияние оказывает почва и на состав атмосферы, особенно ее приземных слоев. Вследствие интенсивных биохимических процессов в почве состав почвенного воздуха существенно отличается от атмосферного и, как правило, содержит меньше кислорода, больше углекислого газа, органических летучих соединений, иногда сероводорода, метана и др. К сожалению, газовый состав почвы и его динамика изучены до сего времени недостаточно, хотя участие почвенных газов в почвенных и приземных атмосферных процессах чрезвычайно важно. Постоянное «дыхание почвы» существенно влияет на интенсивность фотосинтеза наземной растительностью.

Это влияние особенно важно в агроценозах, так как связано с урожайностью возделываемых сельскохозяйственных культур.

Многочисленность экологических функций почвы, обусловленных ее физическими, химическими и биологическими свойствами, ее теснейшие связи с литосферой, гидросферой и атмосферой, ее особое место в биосфере как узла связи и взаимодействия между организмами и минеральными телами — все это дает основание рассматривать почву как важнейшую полифункциональную биокосную систему на поверхности нашей планеты Земля. Без почвенного покрова невозможна нормальная жизнь ее биосферы. Обращая внимание на уникальность почвенного покрова Земли среди других планет, академик А. П. Виноградов говорил в 1974 г. на X Международном конгрессе почвоведов: «...в наше время обнаруживается, что поверхности всех планет земного типа нашей Солнечной системы покрыты слоем мелкозернистой породы подобной хорошо нам теперь известным грунтом или реголитом Луны. И только Земля на своей поверхности несет продуктивный слой — почвенный покров, обладающий плодородием и вместе с тем являющийся важным структурным элементом, неразрывном звеном биосферы...»<sup>17</sup>

Природе потребовались многие тысячи и миллионы лет, чтобы сформировать на поверхности Земли почвенный покров, накопить в нем огромный запас энергии и элементов, используемых организмами при воспроизводстве биологических ресурсов суши.

Поэтому почвенный покров представляет собой практически невозпроизводимый вид природного ресурса. Это подлинно бесценный дар природы, пользоваться которым мы должны чрезвычайно бережно и умело.

Для этого необходимо развивать почвоведение и широко внедрять его достижения в практику сельского, лесного, водного и других отраслей народного хозяйства, использующих землю, а также для решения общей задачи охраны окружающей природной среды. Роль и значение науки о почве в этом плане все возрастают. В связи с этим мы все с большей благодарностью чтим память нашего великого соотечественника Ломоносова, которого Вернадский назвал не только первым русским почвоведом, но и первым почвоведом вообще.

<sup>16</sup> Вернадский В. И. Избр. соч. Т. 5. М., 1960. С. 99.

<sup>17</sup> Почвоведение. 1974. № 10. С. 6.

## Истоки и судьба «закона Ломоносова»

Н. Ф. Овчинников



Николай Федорович Овчинников, доктор философских наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Специалист в области методологии науки и философских вопросов естествознания. Автор монографий: *Понятия массы и энергии*. М., 1957; *Принципы сохранения*. М., 1966; *Методологические обоснования квантовой теории* (в соавторстве с И. С. Алексеевым и А. А. Печениным). М., 1984 и др. Неоднократно печатался в «Природе».

В январе 1949 г. президент Академии наук СССР С. И. Вавилов опубликовал статью «Закон Ломоносова». Он обратил внимание на следующие строки из письма М. В. Ломоносова Л. Эйлеру от 1748 г.: «Все переменъ в Натуре случающиеся такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте; сколько часов положит кто на бдение, столько же сну отнимет. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения: ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает»<sup>1</sup>.

Именно это высказывание великого русского ученого Вавилов назвал «законом Ломоносова». Он отметил, что в 1756 г., задолго до А. Лавуазье, Ломоносов «на опыте показал конкретную сущность и огромное практическое значение закона сохранения вещества в химии»<sup>2</sup>. В своей статье выдающийся физик раскрыл связи процитированных утверждений с законом

сохранения энергии, законом взаимосвязи массы и энергии и законом сохранения электрического заряда. Он подчеркнул широту воззрений Ломоносова, который «на века вперед как бы взял в общие скобки все виды сохранения свойств материи»<sup>3</sup>. Попытаемся, вслед за Вавиловым, продолжить анализ «закона Ломоносова», обращаясь прежде всего к тем проблемам, в связи с которыми он был сформулирован.

### «ПРИТЯГАТЕЛЬНАЯ СИЛА» И «КОЛОВАТНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ»

В «Математических началах натуральной философии», вышедших в 1687 г., И. Ньютон продемонстрировал универсальный характер закона тяготения. Сразу же после выхода «Начал» этот закон стал предметом научной полемики. В середине XVIII в. в эту полемику включился Ломоносов. Концепция тяготения тела на расстоянии без участия среды была для него совершенно неприемлема. Ломоносов хорошо понимал, что одно дело — вычисление силы тяготения на основании закона великого английского физика, а совсем другое — истолкование физической

<sup>1</sup> Цит. по: Вавилов С. И. Закон Ломоносова // Собр. соч. Т. 3. М., 1956. С. 97.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же. С. 98.

природы этой силы. В своем трактате «Рассуждение о твердости и жидкости тел», где еще раз воспроизводится формулировка о сохранении природных состояний, Ломоносов замечает, что Ньютон «притягательной силы не принимал в жизни»<sup>4</sup>.

Проблема заключалась в том, чтобы найти реальные процессы, лежащие в основе тяготения. Но сначала необходимо было убедиться, что допущение чисто «притягательной силы» не обосновано, ибо такое допущение приводит к логически противоречивым суждениям. В самом деле, размышляет Ломоносов, допустим, что имеются два тела А и В. Так как в этом случае «нет надобности», чтобы оба тела двигались, допустим, что тело А, не обладающее движением (покоящееся), сообщает некоторое движение телу В, вынуждая его притягиваться. Получается, что к телу В «прибавилось нечто новое, чего в нем раньше не было, именно движение к А»<sup>5</sup>. В этом месте Ломоносов и опирается на то утверждение, которое Вавилов назвал «законом Ломоносова»: «все перемены, совершающиеся в природе, происходят таким образом, что сколько к чему прибавилось, столько же отнимется от другого». Действительно, от тела А невозможно отнять движение, ибо у него движения нет, оно покоится. Не забудем, что речь идет о механическом перемещении — другого движения физика эпохи Ломоносова либо не знает, либо исключает его из своего рассмотрения. Если принять все это во внимание, тогда становится убедительным вывод Ломоносова, что тело В не может получить движение от тела А. Следовательно, заключает Ломоносов, не может существовать в природе «чистого притяжения» двух тел.

Аналогичное рассуждение, опирающееся на известный принцип сохранения, Ломоносов проводит и при обосновании своей концепции кинетической природы теплоты. Для него теплота — это не «особливая материя», но результат «коловратного движения частиц». Развивая свою аргументацию, он пишет: «Если более теплое тело А находится в соприкосновении с другим телом В, менее теплым, то находящиеся в точках соприкосновения частицы тела А, быстрее вращаясь, чем соседние с ними частицы тела В, и поэтому (более быстрым вращением) ускоряют

вращательное движение частиц тела В, т. е. передают им часть своего движения; столько же движения уходит от первых, сколько прибавляется у вторых»<sup>6</sup> (подчеркнуто мною.— Н. О.).

Мы видим, что для доказательства своих рассуждений о невозможности «чистой притягательной силы» и в то же время для развития своей концепции кинетической природы теплоты Ломоносов обращается к известному в научной мысли его времени утверждению о сохранении движения, равно как и других существенных характеристик природы. Перечисляя в 1764 г. свои открытия, которыми он «постарался обогатить естественные науки», Ломоносов не упоминает идеи сохранения. Это означает, что он считает само собой разумеющимся принадлежность этой идеи научному сообществу его времени.

Конечно, идея сохранения движения разделялась в XVIII в. не всеми учеными. Историческая заслуга Ломоносова в том, что он принял ее и использовал в своей научной аргументации. Он не открывал особого закона природы, но сделал нечто большее — продемонстрировал методологическое действие принципа сохранения.

При всей связи понятий закона и принципа необходимо видеть их различие. Утверждения, претендующие на ранг закона, выражают существенные отношения в самой природе. Соответствующий закону принцип выступает как теоретическое средство, характеризующее научное знание со стороны его оснований и вместе с тем дающее возможность доказательно строить систему теории. В формулировке Ломоносова такого различия нет. Однако, изучая применения сформулированного им закона, такое различие можно увидеть. Ломоносов обратился к идее сохраняющихся свойств природы и показал, что любые теоретические утверждения должны соглашаться с этой идеей. Иначе такие утверждения будут необоснованны. Можно сказать, что Ломоносов сформулировал принцип сохранения в особенной форме, в которой учитываются процессы превращения исследуемых объектов. Эту форму познавательного действия закона мы будем далее называть принципом Ломоносова.

#### ПРИНЦИП ПАРМЕНИДА

Наблюдаемые в мире движения многообразны, но в этом многообразии можно усмотреть отчетливые повторяющиеся

<sup>4</sup> Ломоносов А. В. Полн. собр. соч.: В 10 т. М.; Л., 1950—1959. Т. 3. С. 381.

<sup>5</sup> Там же. Т. 2. С. 183—185.

<sup>6</sup> Там же. С. 83.

различия. Уже Аристотель (384—322 гг. до н. э.) дает общую классификацию новых видов движения, выделяя качественные изменения, рост и уменьшение, возникновение и уничтожение и, наконец, пространственное перемещение<sup>7</sup>.

Естественно попытаться начать изучение движения с его простейшего вида — перемещения тел в пространстве. И действительно, мыслитель из Элеи Парменид (540—480 гг. до н. э.) и его ученик Зенон (490—430 гг. до н. э.) предприняли логический анализ феномена движения. Они не могли принять на веру утверждения ионийских мудрецов — Фалеса, Анаксимандра, Анаксимена, — учивших, что природные тела состоят из некоего основного вещества: воды, воздуха или какого-либо другого исходного начала. Во-первых, ионийцы не указали убедительных оснований к тому, чтобы выбрать именно данное конкретное вещество в качестве начала, или, иначе, основного элемента природы. Во-вторых, и это главное, необходимо было понять само превращение элементов, образующих многообразие вещей природного мира, выразить это движение в логически непротиворечивых суждениях.

Размышления элеатов привели их к следующему: если допустить множественность вещей и попытаться понять эту множественность или если глубоко вдуматься в явление движения, неизбежно приходим к логическому противоречию. Нет сомнения, что нами наблюдаются различные вещи и их движение. Но когда мы пытаемся строго выразить наблюдаемое, обнаруживается, что сделать это нелегко.

Среди аргументов Зенона наиболее известны четыре апории движения. Напомним одну из них. Она заключается в попытке логически связно описать движение точки вдоль конечного отрезка линии от А до В. Когда мы попытаемся мысленно проследить, как именно происходит движение, то вынуждены признать, что процесс движения от А к В не может закончиться, ибо, прежде чем дойти до В, необходимо пройти половину отрезка АВ, а затем половину этой половины и т. д. без конца. Получается, что конечное равно бесконечному — противоречие.

Как тут быть? Все зависит от того, что мы будем понимать под познанием. Если истинное знание достигается мышлением, тогда один из выходов в том, что только по видимости существует множест-

венность вещей и их движение, по истине же нет ни множественности, ни движения. Выводы элеатов можно выразить еще и следующим образом. Все то, о чем мы мыслим, есть бытие. Оно одно только и существует, ибо небытия и помыслить невозможно. И вот что для нас существенно: Парменид говорит о бытии, что «не возникает оно и не подчиняется смерти»<sup>8</sup>. Платон, глубоко анализирующий проблему движения в связи с концепцией элеатов, в своем диалоге «Парменид» замечает: «Когда что-либо переходит от бытия к гибели или от небытия к возникновению, происходит его становление между некими движением и покоем и оно в тот момент не имеет ни бытия, ни небытия, не возникает и не гибнет»<sup>9</sup>.

Мы видим, как античные мыслители в своем стремлении теоретически исследовать движение и изменение были вынуждены прийти к пониманию того, что познание движения неизбежно ведет к мысли о «неуничтожимости и несотворимости», т. е. к идее сохранения. Теоретическое представление движения невозможно, если в этом предположении так или иначе не содержится утверждения о каких-либо связанных с исследуемым движением сохраняющихся моментах. Можно сказать, что элеаты первыми в истории познания природы сформулировали принцип сохранения в такой особенной форме: существует несотворимое и неуничтожимое бытие. Назовем его принципом Парменида.

В истории познания природы этот принцип сыграл решающую роль в формировании атомистической концепции. Основатель античного атомизма Левкипп был родом из Элеи. Как свидетельствует Диоген Лаэртский, Левкипп был слушателем Зенона. Историческая заслуга Левкиппа и его более знаменитого ученика Демокрита в том, что они разрешили выявленные элеатами трудности в познании движения. Они считали, что человеческое познание бывает двух видов — чувственное и теоретическое. Демокрит называл эти два вида познания законнорожденным и незаконнорожденным<sup>10</sup>.

Принимая приоритет первого вида познания, Демокрит, однако, полагал, что и незаконнорожденное познание дает нам некоторое знание (мнение) о мире.

<sup>8</sup> Цит. по кн.: Томсон Дж. Первые философы. М., 1959. С. 279.

<sup>9</sup> Платон. Парменид // Соч. Т. 2. М., 1970. С. 458.

<sup>10</sup> Лурье С. Я. Демокрит. Л., 1970. С. 226.

<sup>7</sup> Аристотель. Физика // Соч. Т. 3. М., 1981. С. 104.

«Мир по истине», как и мир данный нам в ощущениях, множествен и полон движения. Хотя степень знания движений в этих мирах существенно различна. Однако и элеаты правы в том, что указали на существование несотворимого и неуничтожимого бытия. Демокрит явно принимает этот фундаментальный принцип Парменида и кладет его в основу понимания истинного мира и его движения, открываемых законорожденным познанием. Необходимо только допустить, что кроме бытия существует еще и небытие, пустота. И кроме того, бытие не одно, но имеется множество несотворимых и неуничтожимых «бытий», которые можно назвать просто: неделимые, т. е. атомы. Каждый атом — это само-наполненность бытия, его полнота. Атомы могут двигаться в пустоте, «ибо,— как замечает Аристотель, излагая учение Левкиппа и Демокрита,— нет движения, если не будет пустоты, так как наполненное не имеет возможности воспринять [в себя] что-либо»<sup>11</sup>.

Атомистика Левкиппа и Демокрита, придав принципу Парменида конкретную физическую форму — атомы несотворимы и неуничтожимы,— явилась первой фундаментальной физической теорией, которая вплоть до конца XIX в. приносила успехи в научном познании природного мира, не потеряв своего значения и в науке XX в.

### ПРИНЦИП ГАЛИЛЕЯ

Формирование исходных понятий и принципов классической механики исторически происходило в неразрывной связи с процессом принятия гелиоцентрической системы мира. Предположения о движении Земли вокруг Солнца и ее вращения вокруг собственной оси, требуемые коперниканской системой, породили множество неожиданных проблем, которые нужно было решить. Одна из таких проблем заключалась в необходимости согласовать некоторые эмпирически наблюдаемые явления с новой картиной природы. Например, камень, падающий с высокой башни, падает у ее подножия. А между тем, если допустить, что Земля вращается вокруг собственной оси, камень должен был бы падать на значительном расстоянии от башни. Так рассуждали сторонники геоцентрической картины мира, согласно которой Земля неподвижно покоится в центре мироздания. Камень же всегда падает

у подножия башни. Следовательно, нелепо думать, что Земля так или иначе движется. Опыты явно говорят, что Земля покоится.

Возражая своим оппонентам, Галилей описывает такой мысленный эксперимент. Допустим, что вы находитесь в каюте корабля, стоящего неподвижно в гавани, и наблюдаете за движением различных предметов в этой каюте. Вы видите, например, что «все падающие капли попадут в подставленный сосуд, и вам, бросая какой-нибудь предмет, не придется бросать его с большей силой в одну сторону, чем в другую, если расстояния будут одни и те же». Может показаться очевидным, что если корабль придет в движение, то все наблюдаемые в каюте корабля явления решительно изменятся. Но оказывается, вопреки кажущейся очевидности, что это не так. Галилей продолжает: «Заставьте теперь корабль двигаться с любой скоростью и тогда (если только движение будет равномерным и без качки в ту и другую сторону) во всех названных явлениях вы не обнаружите ни малейшего изменения и ни по одному из них не сможете установить, движется корабль или стоит неподвижно»<sup>12</sup>.

Современному читателю ясно, что в процитированном утверждении Галилея сформулирован классический принцип относительности. Для нас существенно обратить внимание на главное содержание этого принципа, который оказался особой формой выражения идеи сохранения: законы не изменяются (остаются инвариантными) по отношению к определенным преобразованиям координатных систем. Возможность таких преобразований определяется однородностью пространства и времени, известной уже в античности. Как мы теперь знаем, из утверждения об однородности можно вывести особого рода функции, получившие название интегралов движения, которые сохраняют свое значение во времени. Однородность времени оказывается связанной с сохранением энергии, а однородность пространства — с сохранением импульса<sup>13</sup>.

Принцип Галилея внутренне связан с принципом инерции. Утверждение, что законы механики сохраняются по отношению к соответствующим движениям систем, эквивалентно допущению, что все тела об-

<sup>11</sup> Аристотель. Цит. соч. С. 135.

<sup>12</sup> Галилей, Галилео. Избр. тр. Т. 1. М., 1964. С. 286.

<sup>13</sup> Подробнее см.: Визгин В. П. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике. М., 1972.

ладают особенным свойством сохранять свое состояние — покоя или равномерного и прямолинейного движения. Можно сказать и так: именно потому, что все тела обладают свойством инерции, вступает в действие принцип относительности Галилея. Если принцип Парменида утверждает сохранение вещей (атомов), то принцип Галилея указывает на необходимость учитывать при построении теории сохранение законов (отношений) и сохранение вполне определенных состояний.

Опираясь на идеи своих предшественников, Ньютон разворачивает систему законов механического движения. В основу этой системы положены принципы сохранения, хотя и неявным образом. Взяв в качестве первого принципа механики закон инерции, Ньютон тем самым принимает и принцип Галилея. Соглашаясь с принципами античного атомизма, Ньютон в силу этого берет в качестве основания механики и принцип Парменида.

Сохранение движения можно усмотреть в третьем законе механики Ньютона — «действию всегда есть равное и противоположное противодействие». Известно, однако, что в своей «Оптике» Ньютон говорит о возможности несохранения движения: «движение может получаться и теряться»<sup>14</sup>. Этот пример, связанный с кажущимся несохранением движения, проанализирован еще И. Бернулли. В. А. Фабрикант показал, что в «Началах», однако, дается такое изложение проблемы движения, в котором не содержится нарушений закона сохранения<sup>15</sup>. Утверждения Ньютона в «Оптике» не имеют прямой связи с фактическим построением им системы законов механического движения.

Классический принцип относительности — (принцип Галилея — выражает сохранение (инвариантность) законов механики в тех системах отсчета, которые получили название инерциальных систем. Иногда термин «инвариантность» употребляют в узком смысле, а именно: как сохранение законов по отношению к пространственно-временным преобразованиям. Такое словупотребление в специальной литературе вполне справедливо. Но нам в данном случае необходимо выявить некоторые общие черты в развитии познания природы, и потому мы также в праве усматривать в инвариантности

проявление общего принципа сохранения. Вот почему классический принцип относительности — принцип Галилея — мы ставим здесь в исторический ряд последовательно формулируемых специфических принципов сохранения.

Когда в конце XIX в. обнаружилось, что открытые к тому времени законы электромагнитных явлений не подчиняются принципу Галилея, возникла необходимость так изменить исходные понятия физической теории, чтобы удовлетворить этому принципу. То, что сделал А. Эйнштейн в своей работе «К электродинамике движущихся тел», можно назвать восстановлением, казалось, нарушенного принципа. Специальная теория относительности явилась обобщением принципа Галилея, распространением его на электромагнитные процессы. Вот что пишет сам Эйнштейн: «Для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы»<sup>16</sup>.

Усилия Эйнштейна были направлены на то, чтобы не только законы механики, но и законы электродинамики обладали достаточной общностью, выполнялись бы в различных координатных системах, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно. Для этого ему пришлось ввести изменчивость (относительность) таких величин, как масса, пространство, время. В основе этой изменчивости лежит нечто неизменяющееся — инвариантные (сохраняющиеся) физические законы.

Однако обобщенного принципа Галилея самого по себе недостаточно для построения теории относительности. Необходимо еще принятие постулата постоянства скорости света. Обратим внимание на то, что этот постулат не просто констатация эмпирического факта, но принцип теории, т. е. такое утверждение, на котором строятся все последующие теоретические утверждения. Если специальный принцип относительности требует сохранения законов по отношению к равному и прямолинейному движению координатных систем, то принцип постоянства скорости света вводит мировую константу, сохраняющую в специальной теории относительности свое значение по отношению к более широкому классу движений. Заметим кратко, что общая теория относительности явилась итогом того же направ-

<sup>14</sup> Ньютон И. Оптика. М., 1954. С. 301.

<sup>15</sup> Фабрикант В. А. Исаак Ньютон, Иоганн Бернулли и закон сохранения количества движения // Усп. физ. наук. 1960. Т. 60. Вып. 3. С. 575

<sup>16</sup> Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел // Собр. научн. тр. Т. 1. М., 1965. С. 7.

ления теоретической мысли — не только законы механического движения и законы электромагнетизма, но и законы гравитации должны выполняться (сохраняться) в любых, как угодно движущихся системах.

### ПРИНЦИП СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

В XVII и XVIII вв. развитие техники породило иллюзорную надежду сконструировать машину, которая могла бы работать сама собой без дополнительных затрат. Поток проектов вечного двигателя заметно возрос к середине XVIII в. — время особенно острых и волнующих споров вокруг воображаемых и «действующих» механизмов<sup>17</sup>. Одним из подобных двигателей был, к примеру, механизм Орфиреуса, который предполагал купить для петербургской Кунсткамеры Петр I. Естественно, острые дискуссии относительно принципов работы вечных двигателей вынуждали к более пристальному анализу проблемы движения. Именно в эти годы Ломоносов формулирует свой принцип сохранения, ясно указывающий на невозможность дарового получения движения. Это был ответ, обобщенный всем предшествующим развитием научной мысли и вместе с тем схватывающий глубинные тенденции развития науки. Известно, что уже в 1775 г. Парижская Академия наук была вынуждена принять решение не включать в программу своих научных докладов обсуждение проектов вечного двигателя.

К концу XVIII в. все большее внимание научной мысли начинают привлекать тепловые, электрические и магнитные явления. Исследования этих явлений в основном проводились на путях применения механических воззрений. Это сказывалось, в частности, в терминологии. Как правило, говорилось о поисках закона сохранения сил.

Здесь уместно вспомнить, что еще в XVII в. возникла дискуссия об истинной мере сил. Р. Декарт и его последователи настаивали на том, что такой мерой является величина, равная произведению массы тела на его скорость  $mv$ . В то время как Г. Лейбниц полагал, что истинная мера сил пропорциональна квадрату скорости  $mv^2$ . Лейбниц назвал выражение  $mv^2$  живой силой (ныне принятый множитель  $1/2$  был введен позднее Г. Кориолисом). М. Планк в исследовании «Принцип сохранения энергии» замечает в этой связи, что «и Декарт,

и Лейбниц несомненно имели представление, хотя, быть может, и не совсем точное, о существовании принципа, высказывающего неизменность и неуничтожаемость того, из чего возникает всякое движение и действие в мире»<sup>18</sup>. Более точное количественное выражение идеи несотворимости и неуничтожимости (сохранения) движения было найдено в середине XIX в. трудами Р. Майера, Д. Джоуля и Г. Гельмгольца. Все они еще продолжали говорить о законе сохранения силы. Но в этом законе предполагалось уже превращение различных, а не только механических «сил» природы. Были обнаружены строгие эквиваленты в разных превращениях, указывающие на меру движения как такового. Эта мера свидетельствует о сохранении движения, каковы бы ни были превращения его форм. За новым понятием вместо термина «сила» постепенно закрепился термин «энергия», введенный Т. Юнгом еще в начале XIX в.

Обоснование и принятие закона сохранения, осмысление его как принципа научного знания шло различными путями. Планк в своем исследовании этого принципа обращает внимание, как он говорит, на «более высокую точку зрения»<sup>19</sup>, с которой принцип видится как выражение совершенного единства, глубинной связи природных процессов. Он продемонстрировал методологическую значимость принципа сохранения энергии, показывал конкретно, как именно этот принцип способствовал построению классической электродинамики.

### ПРИНЦИП ВЕРНАДСКОГО

В XX в. судьба идеи сохранения определяется принципом симметрии. Какова же связь этих принципов — сохранения и симметрии? Она может быть выяснена, если обратиться к содержанию понятия симметрии. Уже античные мыслители знали это понятие, которое означало для них соразмерность, пропорциональность частей в едином целом. Симметричность вещи ассоциировалась с ее красотой. К V в. до н. э. были известны и геометрически построены правильные выпуклые многогранники — тетраэдр, октаэдр, гексаэдр, икосаэдр, додекаэдр, получившие название тел Платона.

Симметрия как строго определенное выражение геометрических закономерностей

<sup>17</sup> М и х а л С. Вечный двигатель вчера и сегодня. М., 1984. С. 95.

<sup>18</sup> П л а н к М. Принцип сохранения энергии. М.; Л., 1938. С. 19.

<sup>19</sup> Там же. С. 133.

стей «вошла в науку в XVII в.— отмечал В. И. Вернадский,— и получила полное развитие в конце следующего XVIII столетия в кристаллографии, а в конце XIX столетия в физике и в стереохимии»<sup>20</sup>. Именно в эту эпоху понятие симметрии приобретает не только интуитивное, но и теоретическое содержание. Вырабатываются более точные оценки степени симметрии изучаемых объектов.

Приведем простейший пример. Мы смотрим на рисунок равностороннего треугольника и говорим, что видим симметричную фигуру. Но как это утверждение выразить более строго? Это можно сделать, если найти такие перемещения фигуры, в результате которых она возвращается в свое первоначальное состояние, иначе говоря, сохраняет свою форму и положение. Можно, например, поменять местами правую и левую части треугольника относительно любой медианы или вращать его вокруг оси, проходящей через точку пересечения его высот и перпендикулярной плоскости чертежа. В последнем случае треугольник совместится сам с собою три раза. Равносторонний треугольник имеет симметрию третьего порядка.

Оказалось, что симметрия имеет весьма общий смысл. Понятие симметрии применимо не только к вещам, но и к их свойствам и отношениям. Оно применимо и к теоретическим объектам, например к различным математическим структурам. В обобщенном смысле можно сказать, что симметрия есть понятие, выражающее единство сохранения и изменения в объектах нашего исследования. Задача найти симметрию объекта сводится к поискам таких его перемещений, которые оставляли бы этот объект без изменений, сохраняли бы его. Реальные перемещения можно выразить на языке абстрактно-математических операций, и тогда симметрия выступает как инвариант соответствующих преобразований. Совокупность преобразований образуют группу в математическом смысле этого термина. Кстати, теория групп получила широкое применение в современной физике, особенно при исследовании элементарных частиц.

В конце XIX в. П. Кюри сделал первую попытку применить понятие симметрии к изучению электрического и магнитного полей. Он предлагал «...ввести в изучение физических явлений также и рассмотрение свойств симметрии, столь знакомое кри-

сталлографам»<sup>21</sup>. Но идеи Кюри далеко не сразу получили признание. Первый, кто оценил широкое значение симметрии и осознал это понятие как принцип науки XX в., был Вернадский. Вот что писал он в 1920 г.: «Принцип симметрии в XX в. охватил и охватывает все новые области. Из области материи он проник в область энергии, из области кристаллографии, физики твердого вещества он вошел в область химии, в область молекулярных процессов и в физику атома. Нет сомнения, что его проявления мы найдем в еще более далеком от окружающих нас комплексов мире электрона и ему подчинены будут явления квантов. Несомненно и разнообразно им охвачены явления жизни и мирового Космоса»<sup>22</sup>.

Столь широкое воззрение и такой принципиальный взгляд на роль принципа симметрии в современной науке, высказанные впервые великим натуралистом, дает нам основание говорить о принципе Вернадского. Этот принцип указывает на всеобщий характер симметрии и тем самым придает симметрии характер методологического средства теоретизации знания во всех областях науки. Идея сохранения в нем органически входит в само понятие симметрии и тем самым получает обобщенный смысл и весьма широкое применение не только в физике, но и в химии, биологии, геологии, географии и других областях научных исследований»<sup>23</sup>.

## СИММЕТРИЯ В МИКРОМИРЕ

В мире элементарных частиц выполняются классические законы сохранения — количества движения, энергии, момента количества движения. В силу эквивалентности массы и энергии выполняется и закон сохранения массы. Однако классических законов сохранения оказалось недостаточно для описания событий в микромире. Можно, например, вообразить такие превращения частиц, в которых выполнялось бы сохранение импульса и энергии, и тем не менее эти процессы никогда не наблю-

<sup>21</sup> Кюри П. О симметрии в физических явлениях: симметрия электрического и магнитного полей // Избр. тр. М.: Л., 1966. С. 95.

<sup>22</sup> Вернадский В. И. Цит. соч. С. 23.

<sup>23</sup> Из необозримого числа работ назовем лишь некоторые: Шубников А. В., Копчик В. А. Симметрия в науке и искусстве. М., 1972; Дмитриев И. С. Симметрия в мире молекул. Л., 1976; Урманцев Ю. А. Симметрия природы и природа симметрии. М., 1974; Шафрановский И. И., Плотников Л. М. Симметрия в геологии. Л., 1975/

<sup>20</sup> Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Т. 1. М., 1975. С. 77.

даются в природе. Например, при распаде электрона на нейтрино и фотон импульс и энергия сохранялись бы. Но такого распада никогда не наблюдалось и не может наблюдаться.

Запрет на воображаемые процессы можно объяснить только требованием сохранения еще какой-либо величины, кроме импульса и энергии. И действительно, процесс превращения электрона в нейтрино и фотон запрещен законом сохранения электрического заряда. Все упомянутые законы действуют совместно и выполняются во всех известных превращениях частиц. Они требуют, чтобы величины энергии, импульса и электрического заряда до превращения и после превращения были равны, т. е. сохранились бы в этих превращениях.

Закон сохранения заряда действует особенным образом, поскольку существуют не только положительные, но и отрицательные заряды. Тем самым закон сохранения заряда вводит еще одну весьма глубокую симметрию зарядового типа. При этом само понятие заряда получило более широкий смысл — у частиц обнаружены другие свойства зарядового типа, т. е. свойства, имеющие отрицательный и положительный знак. Частица и античастица в определенном отношении тождественны, и, следовательно, при переходе из мира частиц в мир античастиц мы обнаруживаем одни и те же законы. Эта глубокая симметрия составляет одну из волнующих проблем современной физики и космологии.

Симметрия как сохранение фундаментальных свойств позволяет теоретически предсказывать неизвестные ранее частицы. Наиболее впечатляющим было предсказание нейтрино, осуществленное В. Паули. Когда при исследовании радиоактивности обнаружили так называемое  $\beta$ -излучение, состоящее из электронов, эксперименты определенно продемонстрировали непрерывный спектр энергии  $\beta$ -электронов, что противоречило существовавшим представлениям и никак не согласовывалось с законом сохранения энергии. Трудности в интерпретации этого эффекта были столь велики, что Н. Бор решил допустить нарушение законов сохранения энергии и импульса в отдельных единичных процессах, когда электроны испускаются ядрами атомов. Закон сохранения энергии, думал Бор, выполняется лишь статистически.

Паули в решении этой проблемы пошел другим путем. Он был убежден в нерушимости классических законов

сохранения, назвав гипотезу Бора не только неудовлетворительной, но и недопустимой<sup>24</sup>. Согласно Паули, в ходе  $\beta$ -распада ядер должны испускаться не одна, а две частицы — электрон и другая более легкая частица, уносящая с собой недостающую энергию. Впоследствии эту частицу и назвали нейтрино. После долгих поисков в 1956 г. нейтрино было с несомненностью зафиксировано в экспериментах.

В 1932 г. был открыт нейтрон — частица, входящая наряду с протоном в состав ядра. Исследования показали, что электроны не могут содержаться в ядре, но в процессе  $\beta$ -излучения рождаются вместе с нейтрино, подобно тому как рождаются фотоны при излучении из электронной оболочки атома. С выяснением этого в физику вошло представление о рождении, жизни и гибели частиц. Существенно, что эти процессы оказались процессами взаимных превращений, контролируемых законами сохранения.

Заметим, что эти законы отличаются от обычных законов научной теории, скажем от законов классической или релятивистской механики или законов квантовой механики. Законы упомянутых фундаментальных теорий предписывают, предустанавливают поведение объектов, к которым они относятся. Американский физик К. Форд назвал их законами дозволения. Законы сохранения, определяющие невозможность некоторых событий, являются более фундаментальными. Соответствующие им принципы сохранения являются принципами запретов. Они разрешают все, что не запрещают, обеспечивая тем самым свободу выбора. В мире элементарных частиц происходит «хаос» непрерывных превращений. И лишь принципы сохранения позволяют усматривать в этом хаосе определенный порядок.

В 1936 г. был открыт мюон ( $\mu$ -мезон) — частица загадочной природы, которую вначале отождествили с  $\pi$ -мезоном, — частицей, играющей важную роль в ядерных взаимодействиях.  $\mu$ -Мезон имеет, как и электрон, электрический заряд и входит в группу частиц, называемых лептонами. Было замечено, что возможный распад  $\mu$ -мезона на электрон и фотон никогда не происходит, хотя известные законы не запрещают такой процесс. Эта ситуация навела на мысль о действии запрещающего такой распад еще не извест-

<sup>24</sup> Паули В. К старой и новой истории нейтрино // Теоретическая физика 20 века. М., 1962. С. 393.

ного закона сохранения. В конечном счете было установлено, что электрон и  $\mu$ -мезон подчиняются независимым законам сохранения, которые известны сегодня как законы сохранения лептонного заряда. Все это привело к предсказанию двух видов нейтрино — электронного и мюонного.

Изучение  $\beta$ -распада показало, что в сравнении с сильным взаимодействием протона и нейтрона в ядре, взаимодействие, определяющее  $\beta$ -излучение, чрезвычайно слабое. Электромагнитное взаимодействие слабее ядерного, но сильнее взаимодействия, ответственного за  $\beta$ -распад. Четвертым, известным к настоящему времени типом взаимодействия является гравитационное — самое слабое из всех.

Выявление различных типов взаимодействий сопровождалось осознанием того факта, что в мире элементарных частиц действуют два существенно различных класса законов — законы с максимальной и законы с ограниченной общностью. Скажем, законы сохранения энергии, импульса, электрического заряда выполняются во всех известных типах взаимодействия. Но закон сохранения странности, будучи верным в области сильных взаимодействий, не выполняется в области слабых. Закон сохранения четности, связанный с симметрией правого и левого, также, как оказалось, не выполняется в области слабых взаимодействий.

Открытие ограниченности действия некоторых законов сохранения вызвало потрясение в научном сообществе. После подтверждения несохранения четности при распаде  $K$ -мезонов, на что было указано Т. Ли и Ч. Янгом в 1957 г., авторам этого предсказания присудили Нобелевскую премию. Отметим, что ситуация, связанная с нарушением закона сохранения четности, сходна с той, которая возникла на рубеже XIX и XX вв. при построении новой неклассической физики. Тогда некоторые ученые считали, что происходит крушение классической науки. Однако, как мы теперь понимаем, то, что воспринималось тогда как крушение, было сложным процессом более строгого определения области, в которой справедливы законы классической теории. Аналогичным образом, обнаружение того, что закон сохранения четности, равно как и некоторые другие законы сохранения, не выполняется в области слабых взаимодействий, можно интерпретировать не как нарушение этих законов, а как уточнение области их применимости.

Вместе с открытием невыполнимости закона сохранения четности в той же об-

ласти взаимодействий был открыт новый закон сохранения — комбинированной четности. Оказалось, что симметрия полностью восстанавливается в области слабых взаимодействий, если при зеркальном отражении одновременно поменять частицы на античастицы (так называемая  $CP$ -инвариантность). Когда обнаружилось, что в некоторых редких случаях при распаде того же  $K$ -мезона нарушается и  $CP$ -симметрия, то оказалось, что симметрия вновь полностью восстанавливается, если при зеркальном отражении и замене частиц на античастицы одновременно поменять направление времени ( $CPT$ -теорема).

Здесь важно то, что закон сохранения с ограниченной областью действия как бы компенсируется другим законом сохранения. В общем случае можно сформулировать принцип сохранения симметрии, действующий как общеметодологический и регулятивный принцип научного познания. Открытие нарушения какого-либо типа симметрии неизбежно ведет к открытию следующего типа симметрии — и тем самым к дальнейшему продвижению теоретического знания.

Мы попытались кратко наметить пути исторического развития идеи сохранения от античности до наших дней, раскрыть ее фундаментальный характер и глубокую связь с процессами теоретизации знания. Исследование изменения вещей, их свойств и отношений приводит к формулировке различных принципов сохранения. Однако при всем различии в них проявляется общая черта научного познания, а именно: теоретическое знание природных процессов возможно лишь после того, как в этих процессах отыскивается нечто инвариантное и формулируются соответствующие особенные принципы сохранения. Принцип сохранения, как показывает анализ исторического контекста его применения, был для Ломоносова важнейшим методологическим регулятивом научных поисков. И великий русский ученый не только осознал значимость идеи сохранения для своих теоретических исследований, но проявил историческую проницательность, как бы предвидя ее возрастающую роль в последующем развитии научной мысли.

## Признаки скрытых руд на поверхности Земли

Безли какая-нибудь продолговатая, по горе лежащая логовина или борозда в таком месте лежит, где не можно подумать, чтобы ее водою промыло, то надобно тут поискать, буде гора сама общие признаки в себе находящихся руд показывает...

*М. В. Ломоносов. Первые основания металлургии, или рудных дел*

**И. К. Волчанская,**  
доктор географических наук  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР  
Москва

Труды великих мыслителей прошлого каждой эпохой осознаются по-своему. В наш космический век с его невероятно быстрым ростом знаний и технического прогресса, когда средний возраст научных теорий и гипотез 10—12 лет, трудно вернуться на уровень XVIII в. и в полной мере оценить вклад Ломоносова в развитие целых направлений естествознания и отдельных научных идей. В. И. Вернадский писал, что «работы Ломоносова не были поняты современниками, далеко опередили свое время и занимают совершенно особое, близкое нам место»<sup>1</sup>.

Так, в области физической географии, разделами которой в те времена считались минералогия и горное дело, насчитывается около 20 идей Ломоносова, впоследствии подтвердившихся. Это ряд космогонических теорий, представление о метаморфизме, об образовании чернозема, теория перемещения магнитных полюсов Земли, гипотеза дрейфа континентов и т. п. Так что многие специалисты в

области наук о Земле могут сегодня найти свою тему в работах Ломоносова.

«Точное мышление физика... сказало на его далеко шедших впереди века представлениях о строении гор», — отмечал Вернадский. И далее: «Ломоносов ...ввел в научную работу ...метод понимания природных процессов и их изучения... метод единства геологического процесса накопления во времени явлений, ныне совершающихся в земной коре»<sup>2</sup>. Кроме того, именно Ломоносов ввел и представление о взаимодействии внешних, или, как мы их теперь называем, экзогенных, процессов и внутренних, эндогенных, сил, формирующих лик Земли: «Двама образы обнажает натура недра земное: иное усиливанием тел, вне оного обращающихся, иное движением самих его внутренностей»<sup>3</sup>. Таким образом, Ломоносов впервые высказал в общем простую мысль, что поверхность Земли, ее рельеф, отражает строение недр. В те времена, когда самые глубокие горные выработки достигали 40 саженей, только детальное изучение природных обнажений и поверхности могло составить и действительно составило тот фундамент, на котором выросла современная геология.

Несколько позже выдвинулась собственно наука о рельефе — геоморфология — и ее ветвь, изучающая особенности проявления структуры недр на поверхности, — структурная геоморфология. Анализ рельефа на

определенном этапе немало давал поисковой геологии. Однако уже несколько десятилетий назад стало казаться, что изучение поверхности Земли вряд ли может дать что-то новое для понимания строения недр. Тем более что современная геология с ее разнообразными направлениями оснащена сегодня техническими средствами для изучения недр. Бурение позволило заглянуть на двенадцатикилометровую глубину, а геофизические методы дают возможность получить представление о строении земной оболочки толщиной в несколько сотен километров.

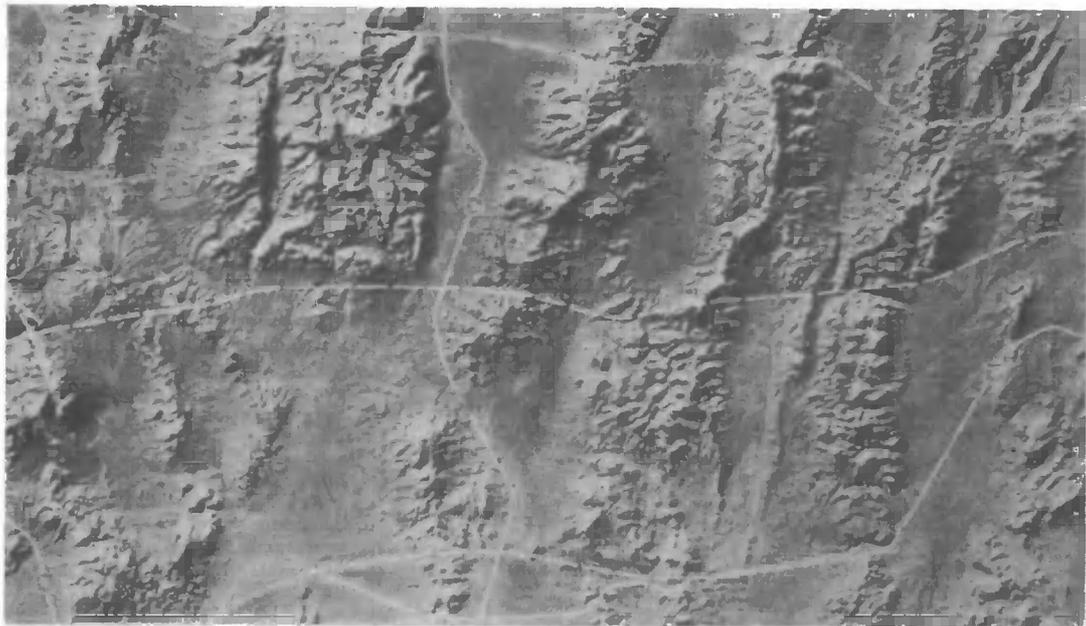
Но в последние годы именно обзор поверхности Земли стал одним из важным методов оценки ресурсов планеты и поисков полезных ископаемых. Это направление исследований родилось в 60-х годах, когда были получены первые снимки поверхности Земли из космоса, и интенсивно развивается в наши дни. Сегодня насчитывается сотни месторождений, открытых из космоса. Таковы алмазоносные трубки в Австралии, погребенные под чехлом рыхлых отложений толщиной до 160 м. Они обнаружены на космических снимках по растительным ассоциациям, характерным при повышенных концентрациях определенных химических элементов в почвах. Так же были найдены некоторые месторождения нефти. Кстати сказать, еще Ломоносов тонко подметил связь растительности с рудными телами: «...однако случаются иногда признаки жил минеральных особливо в лесах, кои растут на рудных горах»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Вернадский В. И. Несколько слов о работах Ломоносова по минералогии и геологии // Труды Ломоносова в области естественно-исторических наук. СПб, 1911. С. 146.

<sup>2</sup> Там же. С. 147.

<sup>3</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 5. С. 564.

<sup>4</sup> Там же. С. 562.



Фрагмент карты рельефа провинции Бассейнов и Хребтов в Кордильерах Северной Америки. Хребты и долины между ними ориентированы в меридиональном направлении и ограничены зонами разломов. Разломы, направленные по широте (штриховые белые линии), смещают эти формы рельефа. Именно к этим разломам приурочены основные рудные месторождения. Фото из: Global tectonic and metallogeny. 1980. Vol. 1. № 2. P. 134.

Специальные методы дешифрирования космических снимков, сделанных в областях, лишенных растительного покрова, позволяют открывать железорудные, золоторудные, меднопорфировые месторождения. Однако чаще всего, чтобы обнаружить геологическую структуру, с которой связаны полезные ископаемые, нужен целый комплекс исследований. Наряду с дистанционным приходится применять геофизическое зондирование, а также разнообразные приемы анализа рельефа.

В рудной геологии, например, широко применяется анализ структур новейшего времени (т. е. созданных за последние несколько миллионов лет) при изучении подвижных областей, для которых характер-

ны активные тектонические движения, магматизм и, следовательно, образование руд. Смысл такого анализа — восстановить формы рельефа, созданные внутренними процессами. Для этого разнообразными приемами нужно удалить или, как иногда говорят, засыпать формы рельефа, возникшие под действием экзогенных процессов, — овраги, речные долины, лощины и т. п. Таким образом реконструируются многие структуры — блоки, своды, с которыми связаны месторождения руд. Другой путь анализа — восстановление тектонических форм по рисункам гидросети, которая наиболее хорошо видна на космических снимках, генерализующих изображение земной поверхности на огромных площадях.

Дешифрирование космических снимков привело к открытию огромного количества линеаментов — прямолинейных разломов, трещин и границ форм рельефа и ландшафтов, а также кольцевых структур. Линеаменты привлекали к себе особое внимание не только потому, что оказались наиболее распространенными структурами на поверхности Земли, но и потому, что с ними связано большинство рудных и нерудных полезных ископаемых.

## РУДОНОСНЫЕ ЛИНЕАМЕНТЫ

Изучение особенностей рельефа позволило выявить ряд ранее неизвестных, а значит, и не нанесенных на геологические карты рудоносных линеаментов. Их связь с месторождениями руд была подтверждена при изучении приуроченных к ним специфических магматических формаций, геологических и геофизических аномалий.

Виды анализа, позволяющие выделить основные рудоносные линеаменты, достаточно сложны. Сейчас они автоматизируются, существует ряд программ и приборов, позволяющих производить количественную оценку сети линеаментов и корреляцию ее плотности с рудоносностью. В результате удалось выделить не только поверхностные, неглубоко проникающие в земную кору разломы, с которыми связаны рудные месторождения, но и значительно более глубокие и протяженные, так называемые сквозные структуры, продолжающие древние погребенные разломы фундамента, а также узлы их пересечения.

Концепция о глубинном, подкоровом заложении этих рудоконцентрирующих структур развивается в нашем институте



Схема размещения крупных рудных и нефтяных месторождений. Кордильер Северной Америки. Месторождения приурочены к сквозным зонам тектонических нарушений.

-  Зона субдукции
-  Трансформные разломы дна Тихого океана
-  Крупнейшие линейменты в горно-складчатом поясе Кордильер
-  Сквозные системы нарушений
-  Области четвертичного вулканизма

Крупнейшие месторождения:

-  нефтяные
-  рудные

с 60-х годов<sup>5</sup>. Она подтвердилась при анализе глобальных закономерностей размещения крупных месторождений руд, которые обычно сосредоточены в пределах систем разломов, пересекающих горно-складчатые пояса и металлогенические зоны. Наиболее крупные из этих систем продолжают в виде так называемых трансформных разломов, прослеживающихся на дне океана, а также в платформенных областях. К сквозным структурам оказались приурочены залежи нефти в предгорных прогибах.

На космических снимках видны пересечения направленных в разные стороны систем нарушений сквозного типа, обра-

зующие тектонические узлы, часть которых оказалась рудоносными. Так, например, в Монголии автором статьи был выделен узел пересечения двух крупнейших систем нарушений. Одна из них представляет собой Главный Монгольский линеймент, разделяющий складчатые области разного возраста — каледониды и герциниды, а другая — скрытая сквозная структура, разделяющая Западную и Восточную Монголию и продолжающаяся, как недавно выяснилось, на территории КНР. Именно в пределах узла пересечения этих систем была обнаружена неизвестная ранее в Монголии минерализация железа, фтора, редкоземельных элементов и целестина<sup>6</sup>. В настоящее время во всех рудных районах мира установлено, что месторождения руд сосредоточены в узлах пересечения региональных систем нарушений.

Появляется все больше данных о приуроченности трубок взрыва — трубообразных каналов, образующихся в результате прорыва газов, — и в том числе алмазосных, к зонам крупных разломов. Как и рудные месторождения, трубки образуют скопления, именуемые кластерами. Структурная позиция кластеров также связана с узлами пересечения «омоложенных» древних разломов фундамента, которые хорошо видны и на космических снимках.

#### РУДОНОСНОСТЬ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР

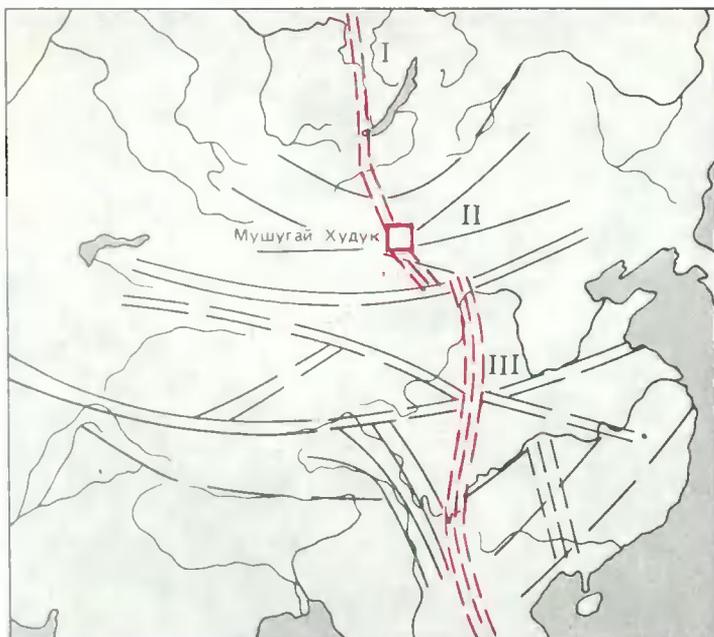
Не менее важный объект исследования в областях тектонической активизации — кольцевые структуры. Только космические снимки позволили оценить масштабность этого явления — оказалось, что такие структуры преобладают на поверхности всех планет Солнечной системы. Происхождение крупных кольцевых структур, которые обычно считают метеоритными кратерами, тем не менее до конца не выяснено.

<sup>5</sup> Фаворская М. А. На подступах к глобальной металлогении // Природа. 1975. № 3. С. 2—9.

<sup>6</sup> Волчанская И. К. Морфоструктурные закономерности размещения эндогенного оруденения. М., 1981. С. 141—148.

Центрально-Азиатская сквозная зона тектонической активизации (I), выявленная в Монголии при анализе рельефа. На пересечении этой зоны с Главным Монгольским линейментом (II) расположен структурный узел с месторождением редкоземельных элементов и целестина [Мушугай Худук]. На территории КНР выявлена сквозная зона, продолжающая Центрально-Азиатскую (III).

-  Основные линейменты
-  Сквозная зона
-  Структурный узел



Структурный узел Мушугай Худук [снимок со спутника «ERTS-M»] и схема его дешифрирования. I — Центрально-Азиатская сквозная зона тектонической активизации, II — Главный Монгольский линеймент.

-  Четвертичные образования
-  Гранитоиды
-  Линейменты
-  Мезозойские щелочные вулканыты
-  Месторождение редкоземельных элементов и целестина





Кольцевая структура диаметром около 40 км (на фото в низу слева) уникального щелочного массива гранитов Хан Богд в Южной Монголии, в которой обнаружена цериновая минерализация. Снимок со спутника «ERTS-1».

Имеется основание считать, что причиной их образования может быть внедрение и застывание масс магматических пород. По нашему мнению, именно так возникли крупные структуры на Луне<sup>7</sup>. В настоящее время П. Н. Кропоткин пересматривает популярные представления о метеоритном происхождении Попигайской кольцевой структуры и приводит веские аргументы в пользу ее вулканического происхождения.

Те же хорошо выраженные в рельефе Земли кольцевые

структуры, которые связаны с рудными месторождениями, образованы магматическими породами, либо внедрившимися в верхние слои Земли в форме разнообразных тел, либо излившимся и застывшим на поверхности. Масштабы современного вулканизма намного меньше тех его грандиозных проявлений, которые в более древние геологические эпохи охватывали значительные площади Земли.

Особенно типичны кольцевые структуры для областей распространения гранитных массивов различного возраста (Казakhstan, Средняя Азия, горы Южной Сибири и т. д.), в которых обнаружены месторождения олова, меди, вольфрама, молибдена и многих других редких металлов.

Сейчас установлено, что и крупные сводовые поднятия диаметром в несколько сотен километров в горах Южной Сибири, Монголии и др. областей, о которых писал еще В. А. Обручев, сформированы гранитными массивами. Металлогени-

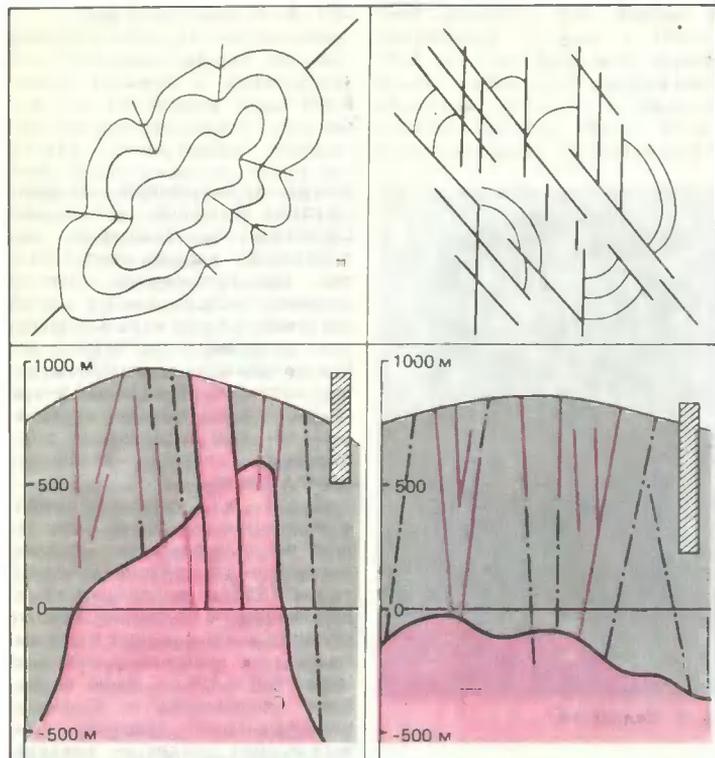
ческие зоны в них также имеют кольцеобразную форму. Хорошо известны также купольные и кольцевые структуры меньших размеров (от нескольких километров до нескольких десятков километров в диаметре), которые обычно вмещают рудные узлы и месторождения. Несколько таких структур с месторождениями олова изучено нами в пределах Сихотэ-Алиня. Анализ ориентировки некоторых форм рельефа — хребтов, речных долин, малых водотоков и лощин — показал, что в рельефе хорошо выражены не только структуры, вмещающие рудносносные массивы, выходящие на поверхность, но и те, в пределах которых интрузии погружены на значительную глубину. Эти выводы были подтверждены геофизическими данными и бурением. При этом оказалось, что чем глубже погружен интрузивный массив, тем менее отчетливы контуры кольцевой структуры на поверхности и тем более хорошо выражены системы разломов, контролирующих рудные тела. Таким образом, на космических снимках отражаются как поверхностные, так и глубинные особенности строения рудных полей.

#### ЭРОЗИЯ И ПОИСКИ РУДОНОСНЫХ СТРУКТУР

Еще один очень важный аспект анализа рельефа при поисках рудных месторождений — это оценка величины так называемого эрозионного среза, т. е. того слоя, который был уничтожен процессами эрозии. Именно таким образом можно понять, как месторождения, часто возникшие задолго до тектонических движений, создавших современные горы, оказались вблизи поверхности, в сфере производственной деятельности человека. В последние годы выяснились одна интересная особенность размещения различных типов рудных месторождений в горных странах — они преимущественно распространены на определенной высоте, или, как говорят, в определенном ярусе рельефа, положение которого зависит от истории развития гор.

Когда горно-складчатые области формируются в течение

<sup>7</sup> Волчанская И. К., Сапожникова Е. Н. Как образовался лунный рельеф? // Природа. 1980. № 8. С. 76—83.



Степень проявления рудонесной купольной интрузивной структуры в рельефе. Вверху — контуры кольцевых структур и линейментов на поверхности, внизу — разрез через рудонесные интрузии. Чем ближе к поверхности расположена интрузия, тем более ясно проявляется кольцевая структура. Нулевая отметка — уровень моря.

ского режима, во время которых горы разрушаются и образуются древние поверхности выравнивания. На ранних стадиях образования гор в таких областях в земную кору внедряются магматические породы, содержащие золото, вольфрам, олово и другие цветные и редкие металлы, возникшие на больших глубинах и при высоких температурах. По мере разрушения гор месторождения руд постепенно оказываются вблизи поверхности выравнивания. В дальнейшем они могут либо уничтожиться процессами эрозии, либо сохраниться в зависимости от того, насколько интенсивно поднимались блоки рельефа во время повторного цикла горообразования. Наиболее перспективными для поисков новых месторождений оказываются блоки, располагавшиеся в низком ярусе гор (на высоте 1—1,5 км) и испытывавшие умеренные и слабые поднятия, где эрозионный срез был минимальным. А наибольшим он был у блоков, поднятых на значительную высоту. Здесь руды размыты и поиски

месторождений бесперспективны.

В молодых горных странах, где руды возникли одновременно или несколько раньше наиболее интенсивных поднятий, рудные месторождения будут располагаться как раз в высоком ярусе гор. Это так называемое оруденение поздних стадий развития горных областей, возникшее вблизи древней поверхности рельефа в условиях низкой температуры и давления. К этому типу относятся месторождения золота, серебра, свинца, цинка, урана, ртути, сурьмы, мышьяка и многих других полезных ископаемых. Когда понятие блоков коры происходит по геологическим масштабам быстро, эрозионные процессы не успевают уничтожить зону оруденения. Например, в Андах и на Памире рудные месторождения располагаются на высоте до 5 км.

Таким образом, изучение поверхности Земли, и в частности ее рельефа, позволяет локализовать поиски полезных ископаемых. Это направление исследований прошло большой путь от первых визуальных наблюдений Ломоносова за «признаками скрытых руд» до анализа рельефа, который ведется с помощью спутников и современных ЭВМ. Как и предсказывал Ломоносов, наиболее подвижные части верхней оболочки литосферы позволяют расшифровать строение недр и находить ключи к подземным кладовым.

-  Изогипсы
-  Линейменты
-  Мезозойские осадки
-  Гранитоиды
-  Дайки
-  Разломы
-  Интервал промышленного оруденения

длительного времени, фазы тектонических движений (а их обычно несколько) сменяются эпохами более спокойного тектониче-

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Волчанская И. К. **МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ.** М.: Наука, 1981.

**КОСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В ГЕОЛОГИИ.** М.: Наука, 1983.

**МЕТАЛЛОГЕНИЯ - ЛИНЕАМЕНТОВ И КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР.** М.: Недра, 1984.

## Организация науки

**Золотые медали  
им. М. В. Ломоносова  
АН СССР за 1985 г.**

Президиум АН СССР присудил золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1985 г. академику М. А. Садовскому за выдающиеся достижения в области геофизики и геологии и профессору Г. Аро (Мексика) за выдающиеся достижения в области астрофизики.

Золотые медали им. М. В. Ломоносова — высшая награда АН СССР, они присуждаются ежегодно (одна — советскому, одна — иностранному ученому) за выдающиеся достижения в области естественных наук.

\*

Михаил Александрович Садовский родился в 1904 г. В 1921 г. окончил среднюю школу, а в 1928 г. — физико-механический факультет Ленинградского политехнического института. Затем более двух лет работал в Институте прикладной геофизики, где занимался гравиметрическими методами разведки полезных ископаемых и участвовал в экспедициях в Среднюю Азию, на Урал и Украину. В 1930 г. перешел в только что созданный Сейсмологический институт АН СССР и начал заниматься механическим (вначале только сейсмическим) действием взрыва; это направление на долгие годы становится доминирующим в его научной работе. Уже в 30-е годы проявилась органически присущая ему черта — использовать достижения науки для решения важнейших народнохозяйственных задач. Сформулированный им принцип энергетического подбора позволил широко использовать модельные опыты при изучении действия взрыва. Результаты этих фундаментальных исследований нашли широкое практическое применение, а ме-



М. А. Садовский.

тод определения безопасных расстояний при взрывных работах был отмечен в 1948 г. Государственной премией СССР.

После начала Великой Отечественной войны М. А. Садовский переходит на работу в Президиум АН СССР. Параллельно в Институте химической физики он занимается изучением параметров газообразных продуктов взрыва. В этот период он тесно сотрудничает с такими выдающимися учеными и организаторами науки, как И. В. Курчатов, М. А. Лаврентьев и Н. Н. Семенов. В 1948 г. он становится заместителем директора Института химической физики АН СССР по научной работе, а с 1960 г. и по настоящее время он — директор крупнейшего геофизического центра страны — Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР (ИФЗ).

Являясь крупнейшим специалистом в области физики и сейсмике взрыва и руководителем Научного совета по проблеме «Народнохозяйственное использование взрывов», М. А. Садовский способствовал

широкому внедрению взрывных методов в горном деле и при строительстве. Например, направленные взрывы использовались при сооружении крупной селезащитной плотины в урочище Медео (Алма-Ата), Байпазинской плотины на р. Вахш и др. Все результаты его работ основываются на обширном экспериментальном материале, который он сам получал в ходе полевых и экспериментальных исследований.

М. А. Садовский принимал участие в работе Совещания по прекращению испытаний ядерного оружия (Женева), где с 1958 г. руководил группой экспертов по сейсмическому обнаружению ядерных взрывов. Результаты этой работы хорошо известны: в 1962 г. было подписано Соглашение о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах — воздухе, воде и космосе. Соглашение способствовало значительному снижению загрязнения окружающей среды радиоактивными примесями.

В ИФЗ под руководством и при непосредственном участии М. А. Садовского созданы и успешно развиваются новые фундаментальные направления в геофизике: вычислительная геофизика и численное моделирование природных явлений, физика очага землетрясений, изучение вещества недр Земли. Предсказание землетрясений — крупная научно-техническая проблема современности. Работы в этой области находятся в центре внимания М. А. Садовского, который в настоящее время ищет новые подходы к описанию физико-механических свойств геологической среды. Без решения этой исключительно сложной материаловедческой задачи трудно рассчитывать на успех в проблеме предсказания землетрясений. Составленные в ИФЗ карты сейсмоопасных зон на территории СССР обеспечивают сейсмостойкое строительство в нашей стране.

Под редакцией М. А. Садовского выходят многочисленные сборники трудов по изучению взрывов и землетрясений. За последние годы ИФЗ значительно расширил свою тематику, существенно ускорились темпы развития новых исследований, институт участвует в разработке и выполнении мировых геофизических программ.

Значительное внимание М. А. Садовский уделяет работе с молодежью, воспитанию новых научных кадров. По крайней мере два поколения его учеников и учеников его учеников успешно работают в различных областях физики взрыва.

Велик вклад М. А. Садовского и в развитие геофизики в союзных республиках. Его постоянные контакты с институтами геофизического профиля в республиках способствуют развитию и углублению проводимых там исследований. Нельзя не отметить и деятельность М. А. Садовского по развитию геофизических исследований в социалистических странах — ГДР, ЧССР, НРБ. За эту работу он удостоен медалей зарубежных академий, избран иностранным членом АН ГДР.

Вклад М. А. Садовского в развитие советской геофизической науки отмечен высшими наградами СССР. Он — Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии и четырех Государственных премий СССР.

**В. Н. Жарков**, доктор физико-математических наук

**И. Л. Нерсесов**, член-корреспондент АН АрмССР  
Москва

\*

Имя мексиканского астронома, активного наблюдателя Гильермо Аро хорошо известно исследователям, занимающимся ранними стадиями звездной эволюции. Оно запечатлено в названии объектов Хербига—Аро — почти звездообразных туманностей с эмиссионными линиями в спектре, природа которых более 20 лет оставалась неясной.

Впервые на эти объекты обратили внимание американ-

ский астроном Дж. Хербиг и независимо Г. Аро в 1951—1952 гг. Они заметили группу очень небольших диффузных объектов сначала в темном пылевом облаке вблизи Большой туманности Ориона, а затем



Г. Аро.

и в других областях, где присутствие пылевых и газовых туманностей, горячих О-звезд и быстрых неправильных переменных звезд типа Т Тельца указывало на процесс образования звезд. Дж. Хербиг и В. А. Амбарцумян (который и дал этим объектам название Хербига—Аро) сразу же предположили, что эти объекты связаны с самыми ранними стадиями звездной эволюции. У них отсутствовал непрерывный спектр излучения. Предпринятые Г. Аро, а затем и другими исследователями попытки обнаружить звезды, которые были бы погружены в объекты Хербига—Аро и вызывали возбуждение их эмиссионных линий, много лет оставались безуспешными.

Интерес к этим объектам возобновился лишь в середине 70-х годов, когда выяснилось, что вблизи многих из них находятся источники инфракрасного излучения; спектр ИК-источников позволял думать, что они представляют собой молодые звезды типа Т Тельца, погруженные в пылевую туманность

и потому невидимые в оптическом диапазоне. А вскоре было доказано (в основном Дж. Хербигом и его сотрудниками), что объекты Хербига—Аро имеют, как правило, большие скорости движения, примерно равные 100—300 км/с; при этом продолженный назад векторы их движений пересекались в ИК-источнике, находящемся поблизости.

Стало ясно, что это не звезды или протозвезды (переменность блеска объектов Хербига—Аро иногда даже давала повод говорить о непосредственно наблюдающемся рождении новых звезд), а облачка ничтожной массы, разлетающиеся от находящейся поблизости очень молодой звезды, которая погружена в пылевую туманность. Объекты Хербига—Аро вписались в общую картину биполярного истечения вещества, обнаруженного к началу 80-х годов вокруг многих инфракрасных источников. Так была открыта неизвестная ранее стадия развития очень молодых звезд, когда они еще окружены плотным диском пылевого вещества (в котором, по-видимому, идет процесс образования протопланет); диск расположен в экваториальной плоскости звезд. Излучение звезд вырывается наружу лишь в направлении их оси вращения, ориентированной вдоль магнитного поля.

Не менее важен вклад Г. Аро в исследование вспышек красных карликовых звезд. В 1953 г. он совместно с В. Морганом (США) обнаружил первые звезды этого типа в звездной группировке. Им удалось установить, что у трех звезд в туманности Ориона наблюдаются быстрые изменения блеска на 0,5—1,0 звездной величины в течение 20—60 мин. К тому времени было известно несколько столь же низкотемпературных вспыхивающих звезд, находящихся в непосредственных окрестностях Солнца. Они получили название звезд типа UV Кита. Для них характерна рекордно низкая светимость: на расстояниях, превышающих 40—50 пк, они недоступны для наблюдений с помощью небольших телескопов.

После открытия Г. Аро и В. Морганом исследования вспы-

шек звезд в ассоциациях стали быстро развиваться, и долгое время казалось, что между этими звездами и переменными типа UV Кита имеются существенные различия. Так, первые — более горячие, и их вспышки имели меньшие амплитуды, а иногда и колебания блеска, близкие, скорее, к наблюдаемому у звезд типа Т Тельца, с которыми их сближали и некоторые особенности спектра. Однако затем Г. Аро начал поиски вспыхивающих звезд не только в ассоциациях, но и в близких скоплениях. К этой работе присоединились бюраканские (СССР) и итальянские астрономы. В результате в 60-е годы в скоплениях и ассоциациях разного возраста были открыты уже сотни звезд. Оказалось, что при переходе к более старым звездным группировкам характеристики вспыхивающих в них звезд становились все более похожими на наблюдающиеся у звезд типа UV Кита в окрестностях Солнца.

Огромный эмпирический материал позволил Г. Аро и В. А. Амбарцумяну обосновать вывод, что различия между вспыхивающими звездами в группировках разного возраста носят эволюционный характер. Объясняются они тем, что медленно эволюционирующие звезды малых масс в более старых скоплениях находятся в той же стадии эволюции, что и массивные звезды в молодых скоплениях и ассоциациях — на стадии окончания гравитационного сжатия. С этим и связана их вспышечная активность, которая более заметна у звезд меньшей светимости, более холодных и старых.

Среди других исследований, выполненных Г. Аро, надо отметить проведенные им успешные поиски новых планетарных туманностей в направлении галактического центра. Особенно важен развитый Г. Аро метод обнаружения слабых голубых звезд и галактик. Сравнивая изображения, полученные на разных длинах волн, Г. Аро и его сотрудники обнаружили большое число голубых субкарликов и компактных галактик, галактик с голубыми ядрами, содержащими большое количество горячих молодых звезд.

Решающая роль принадлежит Г. Аро в развитии мексиканской астрономии; он основал и более 10 лет возглавлял Национальный институт астрофизики, оптики и электроники в Тонанцингле; в 1961—1967 гг. был избран вице-президентом Международного астрономического союза (первым из латиноамериканских астрономов).

Дружеские отношения связывают Г. Аро с советскими астрономами, особенно из Бюраканской обсерватории, достижения которых он активно пропагандирует.

**Ю. Н. Ефремов**  
доктор физико-математических наук  
Москва

#### Космические исследования

### Радиолокация тропических циклонов

Среди грозных природных явлений, наносящих колоссальный ущерб человечеству, тропические циклоны и ураганы выделяются не только масштабностью, но и большой частотой. Они порождены глобальными процессами энергообмена между океаном и атмосферой, и, как ни велики последствия и возможности антропогенного воздействия на окружающую среду, они все же слишком малы, чтобы управлять этими процессами, предотвращать, например, тропические циклоны. Поэтому столь актуальна задача прогнозирования таких явлений, определения их структуры, энергетики, а также предсказания направления и скорости движения. С появлением искусственных спутников Земли, способных «видеть» обширные районы планеты, эта задача существенно упростилась. Речь идет о получении информации в оптическом диапазоне.

По мнению В. Ф. Уткина, В. П. Шестопалова и других сотрудников Института радиофизики и электроники АН УССР, наблюдение с космических кораблей в радиочастотном диапазоне не только позволяет обнаруживать тропические цик-

лоны, но создает принципиально новые возможности для определения их основных параметров. Ценность подобной информации проиллюстрирована на примере данных космических наблюдений за ураганом «Диана». Сопоставлены оптические и радиолокационные изображения урагана, принятые с борта «Космоса-1500» в районе Саргассова моря вблизи побережья Северной Америки. На обоих изображениях четко видны спиральная структура и область «глаза» урагана. В отличие от оптического снимка, который дает представление об облачной структуре урагана, радиолокационное изображение позволило сквозь облачность выявить участки большей яркости, соответствующие большому волнению океана, и восстановить поле ветра вблизи водной поверхности. Данные по пространственному распределению скорости ветра и изменению давления воздуха были использованы для оценки размеров области восходящих воздушных потоков (ядра урагана), составившей примерно 202 км, и общей энергетики урагана (около  $1,2 \cdot 10^8$  МВт).

Значения максимальной скорости ветра, полученные по радиолокационным и оптическим снимкам, практически совпадают, что убеждает в их достоверности. Таким образом, радиолокационная информация со спутников Земли, характеризующая волнение океана и поле ветра вблизи его поверхности, дает возможность наряду с геометрическими, структурными характеристиками определять энергетические параметры, необходимые для прогнозирования динамики и траектории движения тропических циклонов.

Доклады АН СССР. 1986. Т. 286.  
№ 2. С. 331—333.

#### Астрофизика

### Сколько звезд на небе!

Видимо-невидимо. Точнее, сколько видимых, столько и невидимых. К такому результату пришел американский астрофизик Дж. Бакал (J. Bahcall), анализируя наблюдательные

данные о распределении вещества в дисковой части Галактики. Проведенный им анализ привел к выводу о существовании невидимого вещества, плотность которого примерно равна плотности видимого вещества Галактики<sup>1</sup>.

Исследования Дж. Бакала основываются на предложенной еще в 20—30-е годы идеи оценки полной плотности вещества в дисковой части Галактики по наблюдаемому движению звезд в направлении, перпендикулярном плоскости галактического диска. (Ускорение в этом направлении определяется полной плотностью вещества диска.)

В то же время, в окрестности Солнечной системы величину плотности видимого вещества можно учесть довольно точно, так как известна плотность звезд, облаков межзвездного атомарного и молекулярного газов, а также межзвездной пыли. Их суммарный вклад составляет плотность видимого вещества Галактики. Сравнение полной плотности с плотностью видимого вещества позволяет выяснить, существует ли в Галактике еще и невидимое вещество (локальная скрытая масса) и каковы его свойства.

В численном анализе Бакал рассматривал различные модели Галактики и учитывал от 14 до 28 типов наблюдаемых астрономических объектов. Согласно предсказываемого и наблюдаемого распределения звезд достигалось только в случае, когда плотность невидимого вещества предполагалась сравнимой с «видимой» плотностью. При этом распределение невидимого вещества должно быть сходно с распределением видимого вещества, но оно должно быть иной природы, нежели скрытая масса в скоплениях галактик или в массивных гало галактик<sup>2</sup>. В частности, хорошее согласие с наблюдениями получается в рамках гипотезы о полной симметрии

свойств скрытой массы и видимого вещества (т. е. при их одинаковой средней плотности, дисперсии скоростей и распределений по массам и типам объектов).

Результаты Дж. Бакала не являются общепринятыми, поскольку в работах ряда астрофизиков утверждается, что плотность невидимого вещества не может превышать 10 % от плотности видимого вещества<sup>3</sup>. Тем более важно окончательно выснить вопрос о наличии скрытой массы в Галактике.

Особую актуальность этому вопросу придает его связь с гипотезой существования зеркальных частиц. Впервые они были введены в работе Т. Ли и С. Янга в связи с несохранением четности в слабом взаимодействии, приводящем в результате к неэквивалентности правой и левой систем координат<sup>4</sup>. Но если наряду с известными частицами существуют их зеркальные партнеры, то зеркальное отражение процесса с несохранением четности для обычных частиц отожествляется с процессом, в котором участвуют соответствующие зеркальные частицы. Тем самым симметрия между обычными и зеркальными частицами восстанавливает симметрию левого и правого в пространстве.

Комбинированная (CP) четность использовала в качестве зеркальных партнеров естественные двойники частиц — их античастицы. Но после открытия несохранения CP вопрос о поисках частиц «зазеркалья» возник вновь. Как было показано, сильное и электромагнитное взаимодействия между обычными и зеркальными частицами исключены имеющимися экспериментальными данными<sup>5</sup>. Возможно, наиболее эффективное взаимодействие между ними — гравитационное. Поэтому уникальным (и единственным)

способом проверки их существования становятся астрономические наблюдения.

Анализ космологической эволюции «зеркального вещества», основанный на представлениях об эволюции обычного вещества, позволяет выявить наблюдательные следствия существования «зеркального вещества» во Вселенной<sup>6</sup>. Особое место занимает предсказание о галактической скрытой массе, у которой плотность, распределение по скоростям, массам и типам объектов совпадает с соответствующими характеристиками видимого вещества. Это предсказание, не связанное с деталями космологической эволюции, является следствием полной симметрии свойств обычного и «зеркального» вещества. Поэтому, установив существование галактической скрытой массы и определив ее свойства, мы тем самым решим вопрос о существовании и свойствах частиц «зазеркалья».

**М. Ю. Хлопов,**  
доктор физико-математических наук  
Москва

Математика

## В поисках нечетного совершенного числа

**М. Фридман (M. Friedman; США),** недавно ставший сотрудником Массачусетского технологического института, был выпускником высшей школы в Бруклине, когда занял третье место на проводившихся в 1985 г. фирмой «Вестингауз» поисках научных талантов.

Проблема, которой он занялся, пожалуй, одна из старейших в математике. Еще древние греки задавались вопросом: существует ли нечетное совершенное число? (Совершенным числом называется число, равное сумме всех своих делителей,

<sup>1</sup> Bahcall J. // *Astrophys J.* 1984. Vol. 287. P. 924—935; 1985. Vol. 288. P. 100—112.

<sup>2</sup> Хлопов М. Ю. Вселенная как лаборатория элементарных частиц // *Природа.* 1985. № 5. С. 20—31.

<sup>3</sup> House F., Kilheny D. // *Astron. Astrophys.* 1980. Vol. 81. P. 251—258.

<sup>4</sup> Lee T., Yang C. // *Phys. Rev.* 1956. Vol. 104. P. 254—265.

<sup>5</sup> Кобзарев И. Ю., Окунь Л. Б., Померанчук И. Я. // *Яд. физ.* 1966. Т. 3. С. 1154—1159.

<sup>6</sup> Блинников С. И., Хлопов М. Ю. // *Яд. физ.* 1982. Т. 36. С. 213—216; *Астрон. журн.* 1983. Т. 60. С. 632—644.

за исключением самого числа.) Такое число представлялось Пифагору верхом совершенства. Наименьшим совершенным числом является 6, равное сумме своих делителей:  $6=1 \cdot 2 \cdot 3=1+2+3$ . Второе совершенное число  $28=1+2+4+7+14$ . Это знали уже древние греки, но как они ни пытались, не могли найти нечетное совершенное число.

Используя персональный компьютер фирмы «ИБМ», М. Фридман показал, что не существует нечетных совершенных чисел, не превышающих  $10^{79}$ , которые имели бы восемь простых делителей (минимальное число простых делителей, которое может иметь нечетное совершенное число).

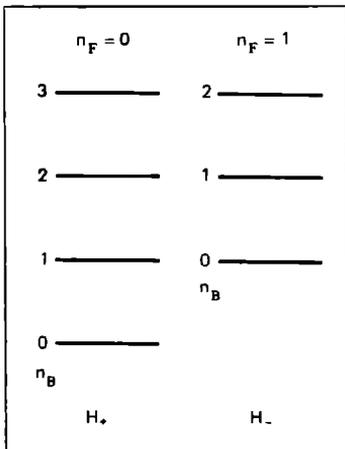
Science Digest. 1985. Vol. 93. № 12. P. 80—82; Current Contents. 1986. Vol. 26. № 6. P. 13 (США).

#### Физика

### Суперсимметрия в атомной физике!

Американские физики В. Костлески и М. Нато (V. Kostelecky, M. Nieto; Калифорнийский университет) предположили, что оптические спектры разных атомов (например, H и Li, Li и Na, B и Al) связаны новым типом симметрии — атомной суперсимметрией. Эта связь демонстрируется феноменологически — сравнением с экспериментальными данными вероятностей оптических переходов, найденных с учетом суперсимметрии.

Концепция суперсимметрии, как симметрии, связывающей бозоны и фермионы, появилась в 70-х годах в квантовой теории поля. Оказалось, что она весьма полезна и в обычной нерелятивистской квантовой механике. Если поведение квантово-механической системы можно охарактеризовать некоторыми «бозонными» и «фермионными» степенями свободы, то суперсимметрия выступает как новый тип симметрии гамильтониана, связывающей эти степени свободы. Как и всякая квантово-механическая симметрия, супер-



Квантовые уровни энергии электрона в магнитном поле H.

симметрия существенно упрощает нахождение энергетического спектра и волновых функций.

Простейший пример — электрон в магнитном поле  $\vec{H}$ . Его квантовые уровни энергии без учета кинетической энергии свободного движения вдоль вектора поля  $\vec{H}$  (уровни Ландау) показаны на рисунке. Спектры  $H_+$  и  $H_-$  соответствуют двум возможным ориентациям спина электрона: роль «бозонной» степени свободы играет номер уровня Ландау  $n_B=0, 1, 2, \dots$ , а в роли фермионной выступает спин  $n_F=0$  или 1. Совпадение энергий уровней  $(n_B, n_F)$  и  $(n_{B\pm 1}, n_{F\pm 1})$  на этом языке означает симметрию относительно замены бозона на фермион. В результате все уровни, за исключением основного  $(n_B=n_F=0)$ , двукратно вырождены. Это — общее свойство суперсимметричных систем.

Если имеется некоторая несуперсимметричная квантовая система со спектром  $H_+$ , то с помощью преобразования суперсимметрии можно получить систему со спектром  $H_-$ . Эти две системы можно рассматривать как суперпартнеры одной суперсимметричной системы.

Если в качестве  $H_+$  взять спектр атома водорода, то  $H_-$  — тот же спектр, но не содержащий основного состояния 1S. А это уже спектр валентного

электрона лития! В общепринятой водородоподобной модели состояние 1S исключается из спектра «руками» (со ссылкой, что этот уровень уже занят двумя электронами и принцип Паули не позволяет поместить туда третий). Этим рассуждением подменяется точный многоэлектронный расчет. Но если предположить, что водород и литий — суперпартнеры, состояние 1S исключается автоматически. Продолжив процедуру, можно получить спектры натрия и калия.

Конечно, межэлектронное взаимодействие нарушает атомную суперсимметрию. Однако неясно, какое из приближений — водородоподобное или суперсимметричное — лучше отражает реальную многоэлектронную ситуацию. Сравнение энергий следующих уровней не позволяет ответить на этот вопрос, так как для обоих приближений они одинаковы. Однако волновые функции совершенно различны. Поэтому будут различными и вероятности оптических переходов с поглощением или испусканием квантов света. Были вычислены эти вероятности — и во всех случаях суперсимметричные волновые функции дали гораздо лучшее согласие с экспериментальными значениями, чем водородоподобные. Это весомый аргумент в пользу красивого и подкупающего своей простотой суперсимметричного подхода.

Physical Review A. 1985. Vol. 32. № 3. P. 1293—1298 (США).

#### Молекулярная биология

### Фагоциты и канцерогенез

Известно, что при хронических воспалительных заболеваниях возрастает вероятность развития злокачественных новообразований. Для выяснения причин этого явления З. Вейцман, А. Вейтберг, Э. Кларк и Т. Стоссел (S. A. Weitzman, A. B. Weitberg, E. P. Clark, T. P. Stossel; Центр изучения рака в Массачусетсе, США) исследовали свойства нейтрофилов — белых клеток крови,

в большом числе обнаруживаемых в очагах воспаления.

Основная функция нейтрофилов — захват (фагоцитоз) микроорганизмов и клеточных обломков. Они активно мигрируют в зоны воспаления, привлекаемые бактериальными токсинами и веществами, выделяющимися из разрушенных клеток. При этом происходит активация нейтрофилов — возрастает их способность захватывать частицы и вырабатывать активные формы кислорода (кислородные радикалы), разрушающие микроорганизмы.

В серии работ 1981—1984 гг. группа Вейцмана выявила способность активированных нейтрофилов оказывать мутагенное воздействие на бактерии и клетки млекопитающих. Поскольку мутагенный и канцерогенный эффекты в большинстве случаев взаимосвязаны, следующий этап их работы был посвящен прямому доказательству канцерогенных свойств активированных нейтрофилов. В экспериментах использовались линии мышей с наследственно закрепленной сниженной устойчивостью к развитию опухолей.

Через 6—8 недель совместного культивирования нормальных фибробластов (клеток соединительной ткани) мышей и активированных нейтрофилов человека в культуре появилось значительное количество фибробластов с нарушениями в геноме и признаками злокачественного перерождения. Пересадка мышам таких фибробластов вызывала у животных развитие опухолей. Причиной мутагенного и канцерогенного действия активированных нейтрофилов на другие клетки авторы считают генерируемые ими кислородные радикалы.

Science. 1985. Vol. 224. № 4691. P. 1231—1233 (США).

#### Биохимия

### Как активируется пепсин

Пепсин, переваривающий белки в желудке, — это один из наиболее изученных протеолитических ферментов. Важнейшим вкладом в понимание его структуры и функций явились

работы Н. С. Андреевой и сотрудииков (Институт молекулярной биологии АН СССР) по расшифровке пространственного строения молекулы пепсина с помощью рентгеноструктурного анализа.

В клетках этот фермент пребывает в неактивной форме (называемой пепсиногеном), а активируется лишь в кислой среде желудочного сока. Активация состоит в отщеплении аминоконцевой части пептидной цепи пепсиногена. Рентгеноструктурные исследования М. Джеймса (M. N. G. James; Университет Альберты, Канада), использовавшего данные Андреевой и сотрудииков, позволили составить достаточно полную картину активации пепсина.

Оказалось, что аминоконцевая часть цепи, отсутствующая у пепсина, заполняет активный центр пепсиногена, что и обуславливает каталитическую неактивность последнего (поскольку субстрат не попадает в активный центр). После выхода из нейтральной среды клетки пепсиноген попадает в кислую среду желудочного сока. При этом происходит резкое изменение конформации той части пептидной цепи, которая заполняет полость активного центра фермента, в результате чего обнажаются чувствительные к перевариванию белков участки цепи. В ходе автокатализа сами молекулы пепсиногена отщепляют препятствующий активности фрагмент цепи, полость активного центра освобождается, и молекула обретает протеолитическую активность.

Nature. 1986. Vol. 319. № 6048. P. 33—38 (Великобритания).

#### Биология

### К механизму полета насекомых

Полет насекомых — замечательное эволюционное приобретение животного мира. Однако сам механизм полета начал проявляться лишь в последнее время. Недавно советскими учеными описан метод, позволяющий увидеть след летящего

насекомого<sup>1</sup>. В этом же направлении ведутся работы и зарубежными исследователями.

Сотрудники аэрокосмического инженерного факультета Университета штата Колорадо (США) Х. Сомпс и М. Латжес<sup>2</sup> избрали объектом изучения стрекозу *Libellula luctuosa*. Приклеивая насекомых за грудной отдел к специальной опоре и заставляя его работать крыльями, они регистрировали подъемную силу, кинематику движения крыльев и поля воздушных потоков.

Анализ результатов оказался достаточно сложным, поскольку у стрекоз каждая из двух пар крыльев работает независимо, в процессе взмаха крыльями постоянно меняется угол атаки, а подъемная сила, составляющая значительную долю в общем балансе сил, зависит от кинематики крыльев. Тем не менее инженеры смогли сделать новый вывод: у исследованной ими стрекозы подъемная сила создается в основном раздельными неустойчивыми воздушными потоками (в то время как для парящих насекомых, которые ранее изучались главным образом из-за удобства работы с ними, подъемная сила определялась с учетом стабильности воздушных потоков, что давало вполне реальные значения).

Интересно, что сходный принцип создания подъемной силы был описан и у насекомого из семейства хальцид (отряд перепончатокрылых). При этом детали работы крыльев у хальциды и стрекозы, как подчеркивают Х. Сомпс и М. Латжес, существенно различны. Это неудивительно: мышечные аппараты у перепончатокрылых и у стрекоз устроены по-разному. Таким образом, мы сталкиваемся с удивительным примером, как один и тот же принцип реализуется в природе на разных материальных основах. И этот пример — не

<sup>1</sup> Бродский А. К., Иванов В. Д. След летящего насекомого // Природа. 1985. № 10. С. 74—79.

<sup>2</sup> Somps Ch., Luttiges M. // Science. 1985. Vol. 228. P. 1326.

единственный. Так, возникновение тесной связи между насекомыми и цветковыми растениями (ставшей возможной благодаря появлению у насекомых крыльев) и переход к питанию пыльцой происходили независимо в разных филогенетически удаленных группах насекомых. Независимо появились и нектарники в разных группах растений.

**В. М. Карцев,**  
кандидат биологических наук  
Москва



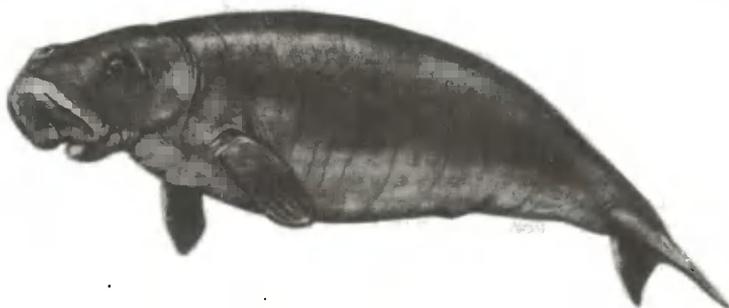
Биология

## Дюгоны не исчезли!

В XX в. количество морских коров — дюгоной, населяющих Персидский залив, неуклонно снижалось. К началу 80-х годов эта популяция сократилась, как полагали, до 50 особей. В январе 1983 г. в ходе ирано-иракской войны был поврежден иранский нефтяной промысел Новруз, и в море поступили тысячи тонн нефти. Спустя три месяца на берегах Саудовской Аравии и Бахрейнских о-вов было найдено 40 мертвых дюгоной, а вместе с ними — и множество морских черепах, змей, птиц с явными следами отравления нефтью. Возникла уверенность, что дюгоной в Персидском заливе больше нет.

Однако в марте 1986 г. местные жители, а за ними и специалисты из Бахрейнского бюро охраны природной среды,

**Дюгонь из популяции, обитавшей в Персидском заливе.**



возглавляемые экологом В. Врейландом (W. Vreiland), обнаружили около о. Хавар (Бахрейнские о-ва) большое стадо этих водных растительноядных млекопитающих — предположительно около 500 особей.

Если эти наблюдения подтвердятся, то популяция Персидского залива по своей численности окажется второй в мире: она уступает лишь поголовью, обитающему в австралийских водах. Эта новость о существовании большого числа дюгоной в Персидском заливе свидетельствует, в частности, о том, насколько слабо изучена экология данного региона.

New Scientist. 1986. Vol. 109. № 1500. P. 25 (Великобритания).

Психофизиология

## Физиология обмана

Воздержание от какого-либо действия может требовать большого расхода энергии, чем совершение этого действия. Предполагают, что усилия, затрачиваемые на торможение поведения, могут стать дополнительным раздражителем. Американские психологи Дж. Пеннибейкер и К. Чью (J. Pennebaker, C. Chew; Южный методистский университет, штат Техас) проверили гипотезу о дополнительном расходе энергии обманщиком, который продолжает скрывать факт обмана. В эксперименте испытуемым предлагали выбрать одно слово из пяти; затем их просили на вопрос экспериментатора, выбрали ли они то или иное слово, отвечать всегда отрицательно, независимо от того, угадал ли экспериментатор выбранное слово или нет.

Во время ответа на вопросы определялась частота мимических движений и движений глаз, измерялось электрическое сопротивление кожи ладони. Когда испытуемый давал ложный ответ, количество таких движений значительно уменьшалось, одновременно с этим происходило снижение электрического сопротивления кожи, что служит показателем активации вегетативной нервной системы. Как только восстанавливались мимические движения, сопротивление кожи приходило в норму.

По всей видимости, прекращение естественной мимики при обмане требует специальных усилий, проявляющихся в вегетативной активации. Авторы полагают, что если такая активация длится достаточно долго, она может стать фактором развития соматической болезни. Заповедь «не обмани» получает физиологическое обоснование.

Journal of Personality and Social Psychology. 1985. Vol. 49. № 3. P. 1427—1433 (США).

Психология

## Скорость опознания цвета мальчиками и девочками

Группа психологов во главе с Дж. Принглом (J. F. Pringle; Колумбийский университет, США) описала существенные различия в опознании цвета у детей 5—7 лет в зависимости от пола.

Детям показывали образцы цветов и фиксировали время, за которое они находили название для каждого. Девочки называли цвета значительно лучше, чем мальчики. Хотя все дети были правшами, скорость опознания цвета у девочек была связана с количеством родственников-левшей (чем больше левшей в семье, тем лучше результат). У мальчиков никакой связи между количеством левшей среди близких родственников и опознанием цвета не было. Кроме того, у девочек обнаружена тесная связь скорости опознания цвета с общими умст-

венными способностями, у мальчиков же эти показатели совершенно независимы.

По-видимому, отдельные показатели развития могут иметь совершенно разное значение в зависимости от пола ребенка. Так, скорость опознания цвета, будучи весьма важной характеристикой у девочек, вероятно, не играет существенной роли у мальчиков.

Journal of Communication Disorders. 1985. Vol. 18. № 1. P. 59—66 (США).

## Медицина

### Охлаждать или нагревать?

Нагревание и охлаждение различных биологических объектов применяется для воздействия на интенсивность протекания внутриклеточных метаболических процессов и динамику кровотока в тканях. При этом считается, что охлаждение повышает тонус гладкой мускулатуры сосудистой стенки и вызывает сужение просвета сосуда, а нагревание снижает сосудистый тонус и ведет к расширению сосудов. Поэтому, для остановки кровотока охлаждают участки тела, а для улучшения кровотока при различных нарушениях кровоснабжения — нагревают их.

Эксперименты, проведенные в Устиновском медицинском институте, позволили предположить обратное: охлаждение тканей должно вызывать спазмолитический эффект, т. е. снижать тонус гладкомышечных элементов<sup>1</sup>. Это должно вести, в частности, к улучшению кровотока в охлажденном участке.

Нами были проведены опыты с изолированными отрезками артерий сердца и матки лабораторных животных и человека, помещаемыми в гиперкалиевый раствор (120 мМ KCl). Повышение температуры раст-

вора до 37—42 °С вызывало гиперкалиевую контрактуру — под действием ионов калия сосуды суживались. Снижение температуры раствора до 20 °С вело к незначительному кратковременному увеличению напряжения сосудистой стенки, после чего напряжение стойко уменьшалось. Через 3—8 минут после начала охлаждения сосуды расширились. В последующих опытах с сосудами функционирующего кишечника животных и пальца руки человека спазмолитическое действие холода подтвердилось. Максимум сосудорасширяющего эффекта выявлен на 15—20 минутах гипотермии. Расширение сосудов сохраняется в течение всего периода охлаждения и наблюдается даже в присутствии сосудосуживающих средств.

Сосудорасширяющее действие объясняется, по нашему мнению, значительным угнетением дыхания и окислительного фосфорилирования в митохондриях сосудистой стенки при локальной гипотермии. Это ведет к моментальному ограничению производства энергии митохондриями, а следовательно, к понижению тонуса сосудистой стенки.

Помимо воздействия тепла и холода на тонус и просвет сосудов, изучено их влияние на свертывающую систему крови. Выяснилось, что охлаждение до 20 °С предотвращает свертывание и тем самым препятствует тромбообразованию. Нагревание до 42 °С ускоряет свертываемость крови.

**А. Л. Ураков,**  
кандидат медицинских наук  
г. Устинов



Охрана природы

### Качурка контролирует загрязнение моря

Качурки — птицы открытого моря — питаются мелкими беспозвоночными, которых схватывают на лету с поверхности воды. Для кормления они используют большие водные просторы и всякий раз, опускаясь за добычей, как бы берут пробу с поверхности океана.

Это и положили в основу нового метода мониторинга загрязнения морской среды американские экологи из Университета штата Вашингтон (Сиэтл, США), возглавляемые П. Д. Берсмой (P. D. Boersma).

Уходя от преследования хищника, качурка обычно отрыгивает содержимое желудка. Так же она реагирует и на действия орнитолога, вооруженного сеткой для отлова. Используя этот рефлекс, ученые изучали содержимое желудка качурок *Hydrobates pelagicus*, населяющих район о. Баррен (штат Аляска), где на протяжении 10 лет на морском шельфе ведется добыча нефти. Методом газовой хроматографии установлено, что присутствие нефти в составе отрыгиваемых веществ довольно точно совпадает по времени с эпизодами утечки нефти с нефтепромыслов и танкеров. Расстояние между местом аварии и местом отлова качурок тоже определенным образом отражается на химическом составе и количестве углеводородов в содержимом желудка.

New Scientist. 1986. Vol. 109. № 1494. P. 30 (Великобритания).

## Геология

### Древнейшая нефть

Во время разведочного бурения в пределах бассейна Макартур (Северная территория Австралии) было обнаружено месторождение нефти. Обследовав скважину, находящуюся в 220 км к востоко-юго-востоку от города Катрин, геологи из Австралийского бюро минеральных ресурсов установили, что поступающая из нее нефть, вероятно, является древнейшей в мире.

Нефть залегает на глубине 345 м, в нижней части велкеррийской геологической формации. Возраст содержащих ее пород составляет около 1,5 млрд лет. Столь древняя нефть до сих пор еще нигде не встречалась.

Episodes. 1985. Vol. 8. № 4. P. 262 (Канада).

<sup>1</sup> Ураков А. Л., Баранов А. Г. и др. // Патол. физиология и эксперим. терапия. 1984. № 5. С. 43—46; Бюлл. эксперим. биол. и мед. 1985. № 7. С. 19—20.

## Геотектоника

**Сверхдальний дрейф земной коры**

Уже неоднократно высказывалось мнение, что так называемый массив Александра на Аляске на ранней стадии своего развития имел независимую от нее геологическую историю. Этот массив включает большой район к югу от верхнего течения р. Юкон, длинную (более 1000 км) полосу суши, которая вытянута вдоль залива Аляска и граничит с канадской провинцией Британская Колумбия, о. Принца Уэльского и весь архипелаг Александра, давший массиву свое имя. На обособленность развития массива указывала специфика горных пород, слагающих большую часть всей этой территории, однако происхождение их оставалось неясным.

Геофизики Дж. Солби и Дж. Джерелс (J. Saleeby, G. Gehrels; Калифорнийский технологический институт, Пасадена, США) изучили палеомагнитные характеристики этих пород, ход горообразовательных процессов в данном регионе, его палеонтологическую историю и пришли к выводу, что массив Александра геологически связан с Австралийским континентом. Согласно разработанной ими модели, около 375 млн лет назад в ходе геотектонических процессов от восточной части Австралии откололся значительный участок суши. Дрейфуя на северо-северо-восток через Тихий океан, он достиг вначале Южноамериканского континента в районе современного побережья Перу, а затем продолжил движение на север. Примерно 100 млн лет назад дрейфующий участок земной коры пришел в столкновение с Северной Америкой. В процессе своего перемещения он оторвал от плиты, на которой расположен штат Калифорния, значительную ее часть и унес с собой на север. Так объясняется геологическое родство золотоносных пород известного калифорнийского месторождения Матер-Лоуд с клондайкским на Аляске.

Столь протяженные «миг-

рации» больших фрагментов земной коры до сих пор в литературе не отмечались.

New Scientist. 1986. Vol. 109. № 1499. P. 17 (Великобритания).

## Палеоклиматология

**Цикличность климата в Африке**

Известно, что атмосфера и Атлантический океан у западного побережья Африки дважды в год насыщаются огромным количеством пылевых частиц. Летом к северу от экватора регулярно отмечается «потемнение моря», когда в полосе между 15 и 20° с. ш. осаждается песок, приносимый ветром из западной и центральной Сахары. Зимой же песчаная буря охватывает область от экватора до 10° с. ш., приносит песок из южной и юго-восточной частей этой пустыни. В Южном полушарии, около 20° ю. ш., весной песчаные бури выносят массы пылевых частиц из пустынь Намиб и Калахари. Состав этих пылевых выносов и их участие в морских осадках вблизи западного побережья Африки проанализировали палеоклиматологи Э. Покрас и А. Микс (E. Pokras, A. Mix; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Дозрты при Колумбийском университете, Палисейдс, США). Изучались колонки осадочных пород, поднятые на борт принадлежащего этой обсерватории научно-исследовательского судна «Конрад».

Среди биогенных материалов, встречающихся в морских осадках, присутствуют остатки диатомовых водорослей, населяющих мелководные озера и прибрежные воды глубоководных озёр. В периоды длительных засух выветривание осадков с обнаженного дна ведет к насыщению атмосферы частицами диатомовых водорослей, а сезонные ветры выносят их на большие расстояния от места происхождения, в том числе, например, и из района о. Чад. В колонках осадочных пород найдены диатолиты — ос-

тачки листьев и трав. Они поступают в атмосферу в сухой сезон во время степных пожаров. Более плотные растительные частички — фитолиты — на значительные расстояния переноситься не могут, поэтому их распределение в донных осадках часто отражает расположение относительно побережья; по фитолитам можно судить и о степени засушливости климата в целом.

Изучение состава ядер, в частности содержания в них изотопов кислорода, позволило установить хронологию и провести корреляцию процессов глобального оледенения с событиями в Африке. Оказалось, что засушливые условия во всей Северо-Западной Африке, в особенности вдоль ее побережья, по времени точно совпадают с периодами максимального оледенения. В северной области рост засушливости отражается в падении числа фитолитов в осадках — травянистый покров в такое время уступает место распространяющейся с севера пустыне. Южнее, в области современных листопадных лесов, наоборот, связанная с оледенением засушливость климата приводит к увеличению отложений фитолитов, так как здесь травы заменяют собой леса.

Все эти выводы служат подтверждением основанных на радиоуглеродном датировании представлений о засушливости Западной Африки во время гляциальных эпизодов, отмечавшихся за последние 30 тыс. лет. Кроме того, данные исследования указывают, что эпоха позднего голоцена — это единственный за последние 150 тыс. лет период, когда обусловленные засухой пылевые выносы поступают в Атлантический океан не только из прибрежных районов, но и из областей, лежащих много восточнее. Это, по видимому, свидетельствует о серьезных нарушениях природной среды в результате человеческой деятельности и об их влиянии на климатические условия.

Lamont Newsletter. 1985. № 11. P. 3 (США).



## Уроки Чернобыля

Многие читатели обратились в редакцию с вопросами, касающимися перспектив развития ядерной энергетики в связи с аварией на Чернобыльской АЭС. В первую очередь всех волнует проблема безопасности ядерных энергетических установок. На эти вопросы отвечает член-корреспондент АН СССР Л. П. Феокистов, заместитель директора Института атомной энергии им. И. В. Курчатова.

Как известно, в ночь с 25 на 26 мая 1986 г. произошло разрушение 4-го энергоблока Чернобыльской атомной электростанции, сопровождавшееся горением графита и выбросом радиоактивных изотопов.<sup>1</sup> Для оценки последствий этой аварии важно различать механический (взрывной) и радиационный аспекты. Если по механическому воздействию эффект может классифицироваться как умеренный, затрагивающий по сути лишь здание реактора, то о радиоактивном загрязнении этого сказать, к сожалению, нельзя. Хотя все оценки сводятся к тому, что количество выброшенных за пределы АЭС радиоактивных осколков деления урана незначительно, потребуется, по-видимому, немало месяцев для полной ликвидации последствий аварии. Человек оказался неспособным напрямую противостоять ядерной стихии. Ядерная энергия неспровоцированно вышла из повиновения.

Если предположить, что в реакторе 4-го блока находилось около 200 т урана, то примерно 3 т пришло на его активный компонент — уран-235. Это намного больше, чем содержится в атомной бомбе. Тем не ме-

нее специалисты давно научились контролировать реакцию так, чтобы любые неполадки внутри реактора ни в коей мере, даже отдаленно, не напоминали ядерный взрыв. Но это касается разрушительного, механического воздействия. И при чернобыльской аварии многие механизмы и сооружения, включая окна зданий, оказались целыми в непосредственной (десять метров) близости от очага. И если бы в конечном счете все свелось только к разрушениям реакторного зала, саму аварию можно было бы расценивать как незначительную, внутреннюю, так сказать, масштаба. Однако явление приобрело катастрофический характер, и только по одной причине. В реакторе за время эксплуатации накопилось около 1 т радиоактивных осколков деления. Выброс вследствие аварии небольшой их доли привел к значительному радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Мероприятия по дезактивации ближней и дальней от реактора зон — самые трудные и дорогие в комплексе государственных мер по ликвидации аварии.

Можно ли было избежать чернобыльской аварии? Сегодня, когда ее причины более или менее выяснены (о них сообщалось в печати), ответ на этот вопрос не вызывает сомнений: да, можно.

Более того, со всей определенностью можно ответить утвердительно и на вопрос: «Возможно ли предложить такие конструктивные решения, систему технических мер, в том числе автоматизацию, чтобы избежать тяжелых последствий, аналогичных чернобыльским?». Да, если под тяжелыми последствиями подразумевать радиоактивное загрязнение за пределами станции, когда затрагиваются интересы населения

и даже возникают международные осложнения.

Для нормального развития ядерной энергетики жизненно важно найти такие решения, которые максимально локализируют возможную опасность. Оптимистические прогнозы на этот счет основываются на анализе эксплуатации многочисленных атомных реакторов, включая и печальный опыт Чернобыля, а также на плодотворности международного сотрудничества.

Наконец, на третий вопрос: «Возможны ли впредь аварии на АЭС?», следует со всей ясностью ответить: «Да, если под авариями подразумевать самые разные отклонения от оптимального режима работы». Такие аварии случаются на любом производстве и транспорте.

Ядерная энергетика относится к числу сложнейших производств и в этом смысле средни ракетостроению или, скажем, тонкой химической технологии. У нее нет длительной истории, большого опыта.

Строжайшие требования к размерам сложных по форме элементов, множество разнородных конструктивных материалов, необходимость контролировать распределение нейтронов в активной зоне реактора с точностью до долей процента, чтобы не перешагнуть допустимые границы по условиям безопасности реактора, — все это поддается расчету только на самых совершенных ЭВМ. Обилие датчиков, контролирующих процесс на всех этапах, требует разветвленной автоматике. Эти рассуждения можно продолжать и дальше. Только надо ли? Без этого ясно, что любое новое, передовое производство вносит в жизнь людей некоторый риск, ему приходится доказывать свою конкурентоспособность, экономическую состоятельность.

Самоутверждение же, особенно в области неизведанной, всегда содержит элемент повышенной опасности. Но из-за этого прогресс не остановится. Встав на путь освоения атомной энергии, многие государства, включая Советский Союз, постепено превращают ее в основу своего экономического развития. Следовательно, выход — в совершенствовании реакторов и, прежде всего с точки зрения безопасности. Нет сомнений, что с этой задачей мировое сообщество справится.

Особняком стоит проблема умышленного разрушения АЭС в результате военных действий. Эти действия, направленные против АЭС, способны вызвать разрушения, значительно превосходящие те, которые в мирное время классифицируются как максимальная авария. Чтобы воспрепятствовать этому, наряду с внутренними мероприятиями, в какой-то мере ослабляющими опасность

таких разрушений, жизненно необходимы и соответствующие международные соглашения. Такие соглашения, как это предлагал в ООН Советский Союз, могли бы быть сформулированы в виде закона, расценивающего любое нападение на атомные предприятия как использование ядерного оружия со всеми вытекающими из этого последствиями.

Думаю, что психологический фон, навеянный событиями в Чернобыле, не пошатнет веру в то, что человек с его могучим интеллектом способен обуздать атомную энергию, заставить ее служить только на благо общества. Важно, чтобы этот процесс не затянулся слишком надолго, а агитация в пользу атомной энергетики шла не столько на словах, сколько на деле.

Наконец, нельзя не упомянуть и еще об одном поучительном уроке этой аварии. Если раньше ядерное оружие воспринималось большинством как нечто абстрактное, то теперь

положение изменилось. А ведь авария в Чернобыле — прообраз действия довольно «скромной» атомной бомбы, и то лишь в отношении радиоактивного заражения, без разрушительной ударной волны и многочисленных пожаров.

Усилия всей нашей страны направлены на ликвидацию последствий аварии. Но сколько людей во всем мире снова и снова задумываются над тем, что же будет, если многие тысячи мегатонных водородных бомб обрушатся на планету? Это уже не «коммунистическая пропаганда», не философия и не военная доктрина, это нечто такое, что требует нового мышления, новой оценки реалий современного мира, нового ответа на вопрос, как жить и развиваться человечеству дальше.

Член-корреспондент АН СССР

Л. П. Феоктистов,  
Герой Социалистического Труда,  
лауреат Ленинской премии и  
Государственной премии СССР

## К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

Продолжается подписка на 1987 год. Подписка на наш журнал не ограничена и принимается во всех отделениях связи на любой срок.

Подписная цена:

на год — 9 р. 60 к.,

на полугодие — 4 р. 80 к.,

на квартал — 2 р. 40 к.

Цена одного номера — 80 к.

Индекс 70707.

Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в редакцию журнала по адресу: 117049, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., 26.

## Президент самый настоящий

Г. К. Цвєрава  
Бокситогорск



Е. Дашкова. ЗАПИСКИ. 1743—1810 / Подготовка текста, статья и комментарии Г. Н. Моисеевой. Л.: Наука, 1985. 288 с.

А. И. Герцен отмечал с грустью, что «мы очень мало знаем наше XVIII столетие». В наше время грех жаловаться на незнание, на скудость как дореволюционной, так и советской литературы — исторической, историко-научной, биографической, литературоведческой, не говоря о художественной, — посвященной веку Просвещения в России. За последние десятилетия тематика, связанная с событиями XVIII в., обрела постоянство в планах ряда издательств, которые чутко откликаются на все более нарастающий интерес читателей к истории культуры, в частности к веку Петра и Екатерины.

Завершено многотомное «Полное собрание сочинений» М. В. Ломоносова<sup>1</sup>, печатаются «Ломоносовские сборники», их вышло уже восемь, книги о Л. Эйлере, изданы «Труды по физике» Г. В. Рихмана, монографии по истории Петербургской Академии наук<sup>2</sup>, научные биографии первых отечественных естествоиспытателей, работы о В. Н. Татищеве, А. Д. Меншикове и других сподвижниках Петра I, где можно найти сведения о состоянии культуры в России той эпохи. Не пылятся в магазинах коллективные труды «Развитие естествознания в России», «Очерки истории техники в России», в которых достаточно места отведено XVIII в. Издаются и такие историко-научные материалы, как, скажем, «Русские экспедиции по изучению северной части Тихого океана в первой половине XVIII в.». Отличительным признаком всей этой книжной продукции служит вовлечение в научный оборот, так сказать, целинных архивных залежей первичных документов.

Большим успехом, и это неудивительно нынче, пользуется мемуаристика — воспоминания Н. М. Карамзина, Д. И. Фонвизина, Г. Р. Державина... Теперь мы дождалась выхода в свет мемуаров Е. Р. Дашковой, «женской личности», прославившей себя и дома, и по обе стороны Атлантики, этого подлинного феномена века Просвещения. Наш читатель знает о ней из разных источников, и вот почему. Вышедшие в свет в 1907 г. автобиографические записки Дашковой в переводе с французской рукописи, подготовленные Н. Д. Чечулиным, не в каж-

дой даже крупной библиотеке можно найти, а лондонское тиснение 1859 г., называемое герценовским и являющееся русским переводом с английского издания 1840 г., переведенного в свою очередь с французского оригинала, давно превратилось в несбыточную мечту библиофилов. Впрочем, в лондонском издании много купюр.

Итак, перед нами «Записки» в том виде, в каком они были изданы Чечулиным, но подвергнутые сверке по авторизованной рукописи на французском языке, хранящейся в Ленинградском отделении Института истории АН СССР. В рецензируемую книгу вошли, кроме основного текста «Записок», известное эссе А. И. Герцена «Княгиня Екатерина Романовна Дашкова», опубликованное в «Полярной звезде» в 1857 г., а также статья и комментарии Г. Н. Моисеевой, которые в значительной мере способствуют лучшему восприятию событий двухсотлетней давности. Она, в частности, пишет, что «Записки» не следует считать «дневником, в котором сохранялась фиксация фактов в их непосредственной житейской последовательности, как бы в нетронутом виде» (с. 259). Собственно, иначе и не могло быть, так как Дашкова взялась за воспоминания на склоне лет, поэтому, излагая по памяти и по сохранившимся у нее записям исторические факты, она смогла по-новому взглянуть на них, «представляя их взаимосвязь, недоступную взору современника» (там же).

Не ставя себе целью пере-сказывать «Записки», тем более анализировать жизнь выдающейся русской просветительницы, подчеркнем все же, что она плоть от плоти верхушки старинной русской аристократии; крестница императрицы Елизаветы, она получила воспитание в доме своего дяди канцлера М. И. Воронцова, того самого, кто в 1763 г. первым пред-

<sup>1</sup> См. рецензию: Цвєрава Г. К. К завершению издания сочинений М. В. Ломоносова // Природа. 1984. № 5. С. 120—121.

<sup>2</sup> См., напр., рецензию: Цвєрава Г. К. Начало астрономии в России // Природа. 1985. № 1. С. 122—123.

ставил проект в учрежденную Екатериной II Комиссию о вольности дворянства, где ратовал за укрепление экономического и политического положения родовой знати<sup>3</sup>.

Нам кажутся некорректными попытки иных исследователей изобразить статс-даму Е. Р. Дашкову чуть ли не как жертву опалы Екатерины, отплатившей, мол, черной неблагодарностью за участие 19-летней княгини в перевороте 1762 г. Конечно, не все при дворе соответствовало иерархии ценностей одаренной, не лишенной литературного дара и гордой женщины; она не могла скрывать, к примеру, своего глубочайшего презрения к «людям Орловым и Ланским... Были и другие поводы для проявлений неудовольствия, но все это звучало лишь отголоском аристократической фронды, которую императрица не принимала всерьез. Е. Р. Дашкова была истинной и верной дочерью своего сословия, которая, по словам Державина, «без своих корыстных расчетов ничего и ни для кого не делала»<sup>4</sup>.

Сама Екатерина Романовна тоже не скупилась на уничижительные характеристики. Так, критикуя знаменитого натуралиста академика П. С. Палласа за составленный им по поручению императрицы сравнительный словарь всех языков и наречий, Дашкова назвала ученого безнравственным, беспринципным и корыстным человеком (с. 156). Нужно ли говорить, что по прошествии двух с лишним веков к подобным категоричным мнениям следовало бы относиться очень осмотрительно.

Содержание рецензируемой книги нас привлекает особенно в той части, где Дашкова касается своей деятельности в Академии наук, общения с виднейшими выразителями духовной мощи Европы. Владующая четырьмя языками, из которых французский ей был как родной, Дашкова во время своих

странствий по ряду стран являлась желанной собеседницей тогдашних властителей дум, в частности Дидро. Об этих встречах и беседах подробно говорится в «Записках», к которым отсылаем читателя. Нам, однако, представляется, что в ее судьбе как руководительницы высшего научного учреждения России важное значение имело ее пребывание в Шотландии, где она близко соприкоснулась с профессорами Эдинбургского университета, в котором в конце 70-х годов учился ее сын. В их числе были не только гуманистари, но и естествоиспытатели — В. Каллен, Дж. Блэйк, А. Фергюсон.

К этому времени с дипломатической работы во Франции вернулся в Эдинбург Д. Юм, в доме которого регулярно собирались местные ученые и философы и куда, возможно, была вхожа Дашкова. Университетский мирок шотландской столицы произвел на нее неизгладимое впечатление. Она вспоминает: «Я познакомилась с профессорами университета, людьми, достойными уважения, благодаря их уму, знаниям и нравственным качествам. Им были чужды мелкие претензии и зависть, они жили дружно, как братья, уважая и любя друг друга, чем доставляли возможность пользоваться обществом глубоких, просвещенных людей, согласных между собой; беседы с ними представляли из себя неисчерпаемые источники знания». И добавляет: они «приходили ко мне два раза в неделю обедать и проводить весь день» (с. 99).

В июле 1782 г. Дашкова возвратилась в Россию, чтобы больше не выезжать за границу. Буквально через год в ее жизни началась новая полоса, которая тесно связала ее имя с историей Петербургской Академии наук в последние десятилетия XVIII в. и с основанием и начальной деятельностью нового очага отечественной культуры — Российской Академии.

После смерти Ломоносова в 1765 г. и возвращения в следующем году Л. Эйлера в Петербург, тут же предложившего проект академической реформы, наступил период так на-

зываемого «директорствования» в высшем научном центре страны, поскольку его номинальный президент К. Г. Разумовский, назначенный малороссийским гетманом, отлучаясь надолго из столицы, фактически не управлял Академией. Наряду с директором Академии должна была руководить комиссия, составленная из ее членов. Сменивший в 1774 г. В. Г. Орлова на директорском посту грубиян и мздоимец С. Г. Домашнев восстановил против себя большую часть академиков и служащих, довел Академию наук до плачевного состояния.

Екатерина не могла не знать о поступающих в Сенат жалобах на самоуправство директора, о неурядицах и распрях, царивших в Академии, чему она решила положить конец, сместив Домашнева и повелев Дашковой занять его кресло. Это был для всех и для самой Дашковой неожиданный шаг, но шаг, полностью оправдавший себя. Новый директор, по меткому выражению Герцена, стала «президентом сопопте», т. е. самым настоящим. Для тогдашней России и Европы в целом было дивом видеть женщину, возглавившую научную корпорацию. Ни во Франции, ни в Англии и ни в какой другой стране такого не было. И хотя на стезе естествознания прославили себя такие женщины, как маркиза де Шатле, Г. Лепот, К. Гершель (сестра и помощница знаменитого астронома), но никому в голову не приходило доверить им организацию науки, возглавить научное учреждение.

В «Записках» живо описаны перипетии вступления Дашковой на государственную службу — как она в январе 1783 г. присягала в Сенате, как привезла в своей карете на заседание академической Конференции престарелого и слепого Эйлера (которому оставалось жить всего несколько месяцев), чтобы великий ученый благославил ее вступление в мир науки. К сожалению, Дашкова не сочла нужным в своих воспоминаниях распространяться обо всем том благотворном, что она сделала для Академии и развития науки в России, ограничившись лишь несколькими фразами.

<sup>3</sup> Тронцкий С. М. Россия в XVIII веке. М., 1982. С. 147.

<sup>4</sup> Державин Г. Р. Избр. проза. М., 1984. С. 138.

Однако из других источников, отразивших ее 11-летнее правление, в частности из отчета за 1783—1786 гг., представленного императрице, можно получить представление о неутомимой и полезной деятельности директора. Она приняла (возможно, памятуя об Эдинбургском университете) действенные меры, чтобы оздоровить моральный климат в Академии, не ограничивать творческой свободы своих подчиненных и поощрять по справедливости академиков и адъюнктов. Оживилась работа академической гимназии, где в три раза возросло количество учащихся, введены были бесплатные курсы по «математике, геометрии и естественной истории», которые читались русскими профессорами, расширились международные научные связи.

Дашкова коренным образом улучшила финансовое положение Академии наук, которая при прежнем директоре погрязла в долгах. Модернизировала оснащение типографии, на-

вела порядок в издательстве и мастерских. При Дашковой было построено по проекту Д. Кваренги главное здание Академии, которое по сей день украшает Университетскую набережную в Ленинграде. Во всех этих успехах сказались не только природный ум и эрудированность Дашковой, ее воля и любовь к родине, но и хватка рачительной помещицы, знающей цену каждой копейке.

В том же 1783 г. Е. Р. Дашкова была назначена президентом вновь основанной Российской Академии, просуществовавшего до 1841 г. научного центра по изучению русского языка и словесности. Дашкова привлекла к работе в Российской Академии многих академиков-естествоиспытателей, которые наравне с филологами и литераторами участвовали в составлении главного труда Академии — Толкового словаря русского языка, завершено в течение шести лет! Дашкова не без законной гордости писала: «Просвещенная часть общества от-

давала мне справедливость и созначала, что учреждение Российской Академии и быстрота, с какой двигалось составление первого у нас словаря, стояли в зависимости исключительно от моего патриотизма и энергии» (с. 155). И далее: «Академия требовала от меня столько работы, что у меня совершенно не оставалось свободного времени» (с. 156). Следует добавить, что преданным помощником и единомышленником Дашковой на этом поприще был непреходящий секретарь Российской Академии известный натуралист и путешественник академик И. И. Лепехин.

Воскрешение к новой жизни «Записок» Е. Р. Дашковой несомненно во всех отношениях нужное начинание, и они найдут благодарного читателя. Можно только пожалеть, что в отличие от лондонского издания в рецензируемую книгу не включены весьма интересные приложения, в частности письма Дашковой и к ней.

## НОВЫЕ КНИГИ

### География

А. Д. Петровский, Ю. П. Селиверстов. ПО ДОРОГАМ И ТРОПАМ ГВИНЕЙСКОЙ САВАННЫ. Записки геологов. М.: Мысль, Ред. географ. литературы, 1986. 144 с. Ц. 60 к.

Совместно с гвинейскими коллегами авторы вели геологические исследования в Гвинейской Республике в 1961—1977 гг. «По самым скромным подсчетам, — пишут они, — каждый из нас прошагал по гвинейской земле не менее 3 тыс. км и проехал на автомашинах в 25—30 раз больше... Предлагая читателям вместе с нами побывать в гвинейских саваннах, встретиться с различными людьми, поспать на жестких циновках гвинейских хижин, послушать «хохот» зеленых марштышек и лай свирепых на вид бабуинов, испытать противный холодок при встрече с громадными пресмыкающимися, посмот-

реть в черное африканское небо с легендарным созвездием Южного Креста, искупаться в сотнях разных рек и ручейках, наконец, попытаться проникнуть в тайны этой прекрасной страны и разделить с нами радость открытий».

В книге много цветных и черно-белых фотографий.

### История науки

Ю. И. Соловьев. НИКОЛАЙ СЕМЕНОВИЧ КУРНАКОВ: 1860—1941. Отв. ред. Н. М. Жаворонков. М.: Наука, сер. «Научно-биографическая литература», 1986. 272 с. Ц. 1 р. 20 к.

Имя академика Н. С. Курнакова известно химикам, металлургам и минерологам всего мира. С его именем связано освоение Кара-Богаз-Гола, калийных месторождений Соликамска, тихвинских бокситов.

В 1928 г. Н. С. Курнакову была присуждена премия им. В. И. Ленина. В 1944 г. в связи с 25-летием Института общей и органической химии АН СССР имя его основателя и первого директора — Н. С. Курнакова — было присвоено этому институту. К 100-летию со дня рождения Н. С. Курнакова было приурочено издание его избранных трудов в трех томах (М.: Наука, 1960—1963).

Эта книга посвящена 125-летию со дня рождения ученого. Автор использовал новые архивные материалы, воспоминания учеников и сотрудников Н. С. Курнакова. Н. С. Курнаков предстает в ней как основоположник физико-химического анализа, основатель научной школы, сыгравшей важную роль в развитии химической науки и промышленности. В книге впервые приведена полная библиография его трудов.

## О рудоискательных вилках<sup>1</sup>

Публикуемый отрывок из работы М. В. Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел» (ч. 2, гл. 3, § 59) носит именно то название, которое вынесено нами в заголовок<sup>1</sup>. Более современно и узнаваемо было бы назвать его «О лозоискательстве». Отрывок дает документальное свидетельство того, что истоки обсуждения этой проблемы уходят в прошлые века.

**М. В. Ломоносов**

К приску рудных жил употребляют некоторые горные люди прут, наподобие вилок на два отростеля раздвоенный, который перстами наизворот берут. Сей прут ежели комлем к какому-нибудь месту повернется сам собою, то показывает будто там руду или металл, а особливо серебро или золото. Однако сему сколько надобно верить, всяк разумный человек рассудить может. Некоторые сие почитают за натуральное действие и приписывают металлам силу, которую будто бы они рудоискательный прутник к себе тянули. Но повседневное искусство и здравый разум учит, что такой притягивающей силы в металлах быть

нельзя, ибо помянутые вилки не у всякого человека и не на каждом месте к металлам и рудам наклоняются и, наклонившись, больше к ним не тянутся. Итак, ежели бы сие действие было вправде, то бы ненарушимые натуральные законы, не взирая ни на время, ни на человека, всегда сие и на всяком месте действие производили. Сие подобно ребячьим часам, которые состоят в том, что привязанная к персту пуговица ниткою, над водою, в стакан влитую, качаясь, в край его бьет и тем часы показывает. Однако равно как настоящего часа не знающему пуговица того показать не может, так и способом развилстого прута руд ищущие никогда и не найдут, ежели тому вышепоказанных признаков<sup>2</sup> прежде не

приметят. Немало людей сие за волшебство признают и тех, кто при искании жил вилки употребляют, чернокижничками называют. По моему рассуждению, лучше на такие забобоны или, как прямо сказать, притворство не смотреть, но вышепоказанных признаков держаться, и ежели где один или многие купно окажутся, тут искать прилежно.

(которые «показывают, что в оных горах ... рудные жилы находятся») и особливые, или партикулярные (которые «сами то место объявляют, где они лежат»). В качестве этих признаков Ломоносов называет характерный вкус воды, обломки рудосодержащих пород, запах серы при трении камней, «нездоровый вид» деревьев и травы и т. п.

См. также в этом номере: Волчанская И. К. Признаки скрытых руд на поверхности Земли.— Прим. ред.

<sup>1</sup> Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. 5. С. 441—442.

<sup>2</sup> В предыдущих параграфах той же главы Ломоносов перечисляет внешние признаки залегания руд — общие

В номере использованы фотографии ВЯТКИНА В. Ю., ЗАХАРЧЕНКО А. А., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., НИКИТИНА Е. М., ШАПКОВА Б. Т.

Художник П. Г. АБЕЛИН  
Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука».

Адрес редакции:  
117049, Москва, ГСП-1,  
Мароновский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 9.07.86.  
Подписано к печати 11.08.86.

Т—01560

Формат 70×100 1/16

Офсет

Усл.-печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1365,3 тис.

Уч.-изд. л. 15,1

Бум. л. 4

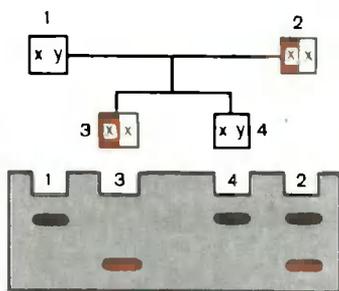
Тираж 51 000 экз. Зак. 1976

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 142300 г. Чехов Московской области



— 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.

## В следующем номере



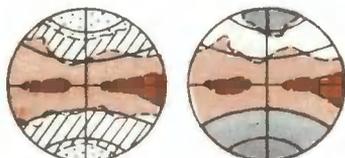
Благодаря успехам генной инженерии уже сегодня стали возможны ранняя диагностика наследственных заболеваний и производство жизненно важных биологически активных препаратов.

**Свердлов Е. Д.** Генная инженерия на службе здравоохранения



Этот грандиозный вихрь наблюдается в атмосфере Юпитера уже около 300 лет, а недавно удалось создать его физический аналог в лабораторных условиях.

**Незлин М. В.** Большое Красное Пятно Юпитера и его экспериментальное моделирование



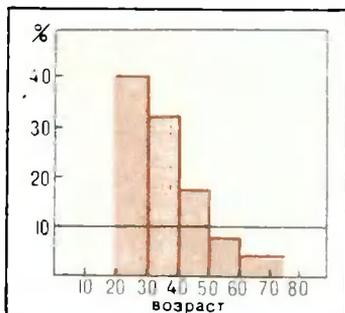
Получены геологические доказательства, что на Земле неоднократно происходили крупные похолодания и потепления, коренным образом изменявшие климатическую зональность.

**Чумаков Н. М.** Какой климат типичен для Земли?



Озеро Глубокое стоит в перечне особо охраняемых памятников ЮНЕСКО. Биостанция на нем замечательна своей исторической ролью в отечественной биологии.

**Коровчинский Н. М.** «Глубокое озеро»



«Занятия наукой — большое счастье. В отличие от людей некоторых других профессий, научные работники могут заниматься своим делом и в старших возрастах. Но в пожилом возрасте возникают специфические нелегкие проблемы. Чем раньше удастся понять требования и условия плодотворной работы, тем легче будет потом — всю жизнь. В статье я пытался поделиться кое-каким опытом и соображениями на этот счет».

**Гинзбург В. Л.** Заметки по поводу юбилея

Цена 80 к.  
Индекс 70707

