

А.Е.ФЕРСМАН



Занимательная



ГЕОХИМИЯ

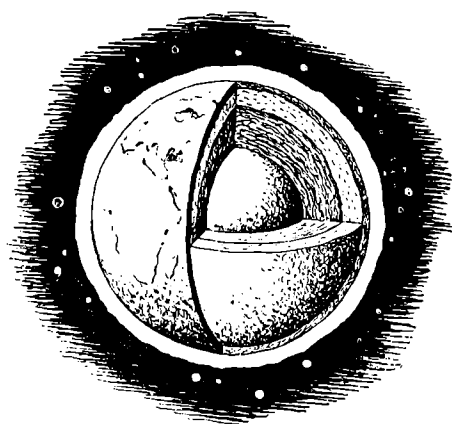


ДЕТГИЗ • 1950

Академик А. Е. ФЕРСМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ

ХИМИЯ ЗЕМЛИ



Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1950 Ленинград



Академик Александр Евгеньевич Ферсман (1883—1945) около витрины
мраморов в Минералогическом музее Академии наук СССР
в 1927 году.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В начале нашего века родилась новая наука — геохимия, созданная трудами выдающихся советских ученых, академиков В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана.

Потребовалось много работы и времени для того, чтобы из разрозненных наблюдений могла появиться общая картина превращений вещества в земной коре. Успехи атомной физики и химии — наук о строении вещества — помогли геологу и минералогу составить ясное представление о распределении и круговороте вещества в земной коре. Человек понял единство процессов, протекающих в мельчайших частицах вещества — атомах и молекулах — и в громадных мировых сгущениях его — солнцах и на отдаленнейших звездах.

Создавалась геохимия — наука, которая уводит нас в область теоретических представлений и завоеваний химической физики, космической химии, астрофизики и, в то же время, смыкает данные этих наук с проблемами изучения полезных ископаемых.

Автор этой книги академик Александр Евгеньевич Ферсман был энтузиаст своей науки, глубоко понимавший ее значение в хозяйственной и культурной жизни нашей Родины. Им написано свыше тысячи научных работ. Его «Геохимия», классический труд в четырех томах, излагает основы новой науки.

Величайшим его достижением было открытие месторождений мирового значения минерала апатита и никелевых руд на Кольском полуострове.

Неутомимый собиратель, он обогатил науку коллекциями разнообразнейших минералов, составляющими украшение наших лучших минералогических музеев. Но не только сами минералы интересовали ученого, а и тайна образования их в природе.

Он не принадлежал к типу ученых, замкнувшихся в своем кабинете или лаборатории. Страстный и неутомимый путешественник, он посетил многие страны Европы, а родную страну свою знал, как только может знать человек, побывавший с геологическим молотком в руках в самых различных районах — в знойной пустыне и в северной тундре, в горах Средней Азии и в копиях знаменитой сокровищницы уральских камней — Мурзинке.

Глава советской геохимии и минералогии, А. Е. Ферсман личным своим примером увлекал молодых ученых на путь исследований, на путь освоения несметных минеральных богатств, таящихся в наших недрах.

Широкой популярности ученого среди советской молодежи особенно способствовала его горячая любовь к науке и жизни, вдохновлявшая его, видного ученого, занятого большой научной и государственной работой, на создание замечательных научно-популярных книг для молодежи.

Наиболее известной из них, конечно, является его «Занимательная минералогия».

К этой же серии его работ принадлежит и настоящая книга, которой автор

дал два названия: «Занимательная геохимия» и «Химия земли».

В этой книге А. Е. Ферсман, мастер слова, художественно изложил итоги своей многолетней работы над созданием новой науки — геохимии, стремясь показать жизнь нашей планеты так, как она рисовалась его богатому научным опытом воображению.

К сожалению, книга не была окончена. Некоторые главы были дописаны друзьями и учениками А. Е. Ферсмана. Так, главы «Мир невидимого. Атом и химический элемент», «Атом разрушается. Уран и радий» написаны академиком В. Г. Хлопиным. Главу «Редкие рассеянные элементы» написал В. В. Щербина. Главы «Углерод — основа всего живого», «Атомы в воде» и «Атомы в живой клетке» написаны членом-корреспондентом Академии наук СССР А. П. Виноградовым. Главу «Из истории геохимических идей» написал член-корреспондент Академии наук СССР Д. И. Щербаков. Объяснение слов и специальных выражений составил А. Ф. Соседко. Главы «Из космоса на землю», «Атом в истории человечества» и «Атом на войне» составлены, по материалам А. Е. Ферсмана, Н. К. Разумовским. Ему же принадлежит и общая

научная редакция всей книги, при консультации академика В. Г. Хлопина. Конечно, те, кто заканчивали книгу, знают, что эти главы были бы лучше, если бы их мог сделать сам автор, с таким увлечением последние дни своей жизни работавший над своим подарком нашей советской молодежи. Но они попытались сделать всё, чтобы книга вышла такой, какой она была задумана А. Е. Ферсманом.

Иллюстрации к книге были подобраны самим автором.

Работая над книгой, редактор старался как можно точнее сохранить яркость и образность оригинала в тех случаях, где ему приходилось изменять текст или сглаживать шероховатости, неизбежные в еще не законченных записках.

Искренность и энтузиазм, безграничная любовь к Родине и советской молодежи, которые сквозят в каждом слове автора, мы надеемся, увлекут всякого, кто прочтет эту книгу, и побудят многих читателей углубить свои знания в науке о недрах земли, которой была посвящена вся жизнь автора.

Академик В. Г. Хлопин
Профессор Н. К. Разумовский

ВВЕДЕНИЕ

Несколько лет тому назад я написал «Занимательную минералогию». Ко мне приходили десятки, сотни писем от учеников, рабочих и различных специалистов. В этих письмах я видел столько неподдельного, живого увлечения камнем, его исследованием и историей его использования! В некоторых детских обращениях было вместе с тем так много молодого задора, смелости, бодрости, энергии... Меня увлекли эти письма, и я решил написать вторую книгу для юношества, для нашей будущей смены.

Моя мысль за последние годы ушла в другую область, гораздо более трудную, гораздо более отвлеченную, в замечательный мир — мир почти бесконечно малых, ничтожных крупинок, из которых сложена вся природа и сам человек.

За последние двадцать лет мне пришлось принимать участие в создании целой новой науки, которую мы называем геохимией. Мы создавали ее не сидя за листом бумаги в удобном кабинете, — эта наука рождалась из множества точных наблюдений, опытов, измерений; она рождалась в борьбе за новое, марксистское понимание нашей жизни и природы, и прекрасны были те минуты, когда завершались новые главы этой науки будущего.

Что же занимательного я буду рассказывать о геохимии, да и что это за наука? Почему не просто химия, а геохимия? И почему о ней пишет не химик, а геолог, минералог, кристаллограф?

Ответ на этот вопрос читатель получит, в сущности, не в первом очерке; нет, там будет сказано о многом, но кратко. Поймет глубину и занимательность геохимии только тот, кто дочитает книгу до конца.

Тогда он скажет: «Вот что такое геохимия, какая интересная, но трудная наука! Как мало я еще знаю и химию, и геологию, да и минералогию, чтобы ее полностью понять!»

Но понять ее стоит, так как будущее геохимии гораздо значительнее, чем это думают: именно она вместе с физикой и химией подчинит воле человека величайшие запасы энергии и вещества.

Раньше чем закончить это введение, я хочу обратиться к читателям с несколькими советами, как читать эту книгу. Ведь мало сказать, что надо читать, часто еще гораздо важнее сказать, как надо читать, каким образом надо изучать книги и научиться извлекать из них больше пользы. Одни книги читаются запоем, когда интересный рассказ увлекает вас и вы не можете оторваться от него, пока не прочтете до самой последней страницы. Так читают, например, занимательные приключенческие романы. Другие книги надо изучать: в них изложена или целая наука, или отдельные научные проблемы. Последовательно излагаются научные данные, описываются явления природы, делаются научные выводы. Такие книги нужно читать, вникая в каждое слово, не пропуская ни отдельных страниц, ни даже строк или слов.

Наша книга не увлекательный роман и не научный трактат. Она построена по особому плану. Ее четыре части одна за другой переходят от общих вопросов физики и химии к вопросам геохимии и ее будущего. Читатель, который мало знаком с основами этих наук, должен читать книгу неторопливо и внимательно, быть может, даже перечитывать заинтересовавшие его или трудные страницы. Но если читатель знает физику и химию, он может перескакивать через отдельные очерки, которые ему знакомы: автор старался каждый очерк сделать самостоятельным целым, по возможности не зависимым от других частей. Книга пригодна и для углубления знаний по химии или геологии.

Учащимся очень полезно читать отдельные главы во время прохождения общего курса химии, так как каждая из этих глав может в значительной части иллюстрировать те или иные сухие страницы из учебника химии.

Изучая металлоиды, можно попутно прочесть главу о фосфоре и сере; изучая черные металлы, познакомиться с главами о железе и о ванадии.

При изучении геологии точно так же надо было бы пользоваться соответственными главами, освещающими большие химические проблемы распространения элементов в земной коре. Для этого очень нужны главы, посвященные описанию земной коры, и, главным образом, часть третья — «Поведение атомов в природе».

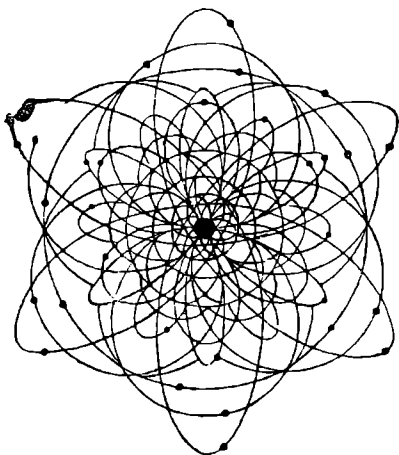
Для тех, кто изучает химию, видно, что в моем изложении я коснулся немногих химических элементов: только пятнадцать элементов описаны сколько-нибудь детально, но я и не стремился дать полную химическую характеристику и историю всех элементов в мироздании, в глубинах земной коры, на земной поверхности и в руках человека.

Я хотел осветить только отдельные наиболее существенные черты «поведения» самых обычных и полезных элементов, живущих вокруг нас своей сложной химической жизнью среди незаметных и постоянных химических процессов земли. Я думаю, что таким образом можно написать длинный ряд страниц о каждом химическом элементе. Может быть, читателю придет желание самому попытаться написать историю какого-либо другого элемента, о котором я ничего не сказал. Мне кажется, что это была бы полезная практическая задача, и если кто-либо, заинтересовавшись куском металлического хрома, его судьбой, его месторождениями и ролью в промышленности, попытался бы пойти по этому пути, то он мог бы написать ряд интересных страниц из истории этого элемента и осветить поведение этого атома из семьи железа.

Я могу только посоветовать внимательным читателям, изучившим нашу книгу и интересующимся проблемами широкого анализа природы, попытаться выполнить такую задачу и продолжить те страницы, которые мной написаны о самых важных элементах земли.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

АТОМ



ЧТО ТАКОЕ ГЕОХИМИЯ

Часто спрашивали меня: что такое геохимия и нужна ли она в нашей стране? Много раз приходилось спорить со старым научным поколением о значении молодой и новой нашей науки. Само слово «геохимия» не совсем понятно.

Мы знаем, что за наука геология, которая учит о том, что представляет собой земля, земная кора, какова ее история, как земля изменяется, как образуются горы, реки, моря, как возникают вулканы и лавы и как на дне океана медленно растут осадки илов и песков.

Нам понятна и минералогия, которая изучает отдельные минералы.

В своей книге «Занимательная минералогия» я писал: «Минерал есть химическое соединение химических элементов, образовавшееся естественным путем, без вмешательства человека. Это своего рода здание, построенное из определенных кирпичиков в различных количествах, но не беспорядочная куча этих кирпичей, а именно постройка по определенным законам природы. Мы хорошо можем понять, что из одних и тех же кирпичей, даже взятых в одном и том же количестве, можно построить разные здания. Так один и тот же минерал может встречаться в природе в самых различных видах, хотя по существу он остается всё тем же химическим соединением.

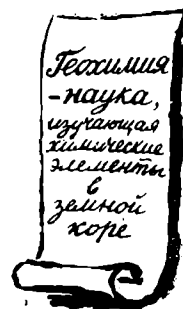
Мы насчитываем 92 вида этих кирпичей, из которых построена вся окружающая нас природа.

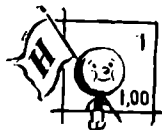
Крупнейший русский ученый, известный всему миру химик Д. И. Менделеев первый распределил эти кирпичи — химические элементы — в стройную таблицу, которая и получила название Менделеевской.

К 92 химическим элементам, например, относятся: газы — кислород, азот, водород; металлы — натрий, магний, железо, ртуть, золото — или такие вещества, как кремний, хлор, бром и другие.

Различные сочетания элементов в различных количествах и дают нам то, что мы называем минералом: например, хлор и натрий дают поваренную соль, кислород с кремнием дают кремнезем или кварц и так далее.

Из 92 видов кирпичей построено в земле три тысячи разных построек-минералов (кварц, соль, полевой шпат и другие), а эти постройки, накапливаясь вместе, образуют то, что мы называем горной породой (например, гранит, известняк, базальт, песок и так далее).





Та наука, которая изучает минералы, называется минералогией, описывающая горные породы — петрографией, а изучающая самые кирпичики и их странствование в природе — геохимией. . .»

Геохимия изучает, как ведут себя отдельные химические элементы в земле, как они путешествуют, сочетаются друг с другом, образуя твердые минералы, как снова, растворяясь, становятся подвижными. Она изучает поведение всех химических элементов Менделеевской таблицы.

В каждой клетке, как правило, помещается один химический элемент — атом, и клетки имеют очередной номер — атомный номер. Первый номер имеет самый легкий элемент — водород, а самый тяжелый 92-й химический элемент называется ураном, и он тяжелее водорода в 238 раз.

Размеры атомов чрезвычайно малы, и если представить их в виде шариков, то диаметр атома составит одну десятиллионную долю миллиметра. Но атомы совершенно не похожи на сплошные шарики и образуют более сложную систему, состоящую из ядра атома, вокруг которого движется то или иное, разное у различных сортов атомов, число частиц электричества — электронов.

Таким образом, по своему строению атомы скорее напоминают сверхмикроскопических размеров солнечные системы с центральным солнцем — ядром и движущимися вокруг него планетами — электронами.

У разных сортов атомов — химических элементов — число электронов различно. Благодаря этому они отличаются по своим химическим свойствам. Атомы, обмениваясь между собой своими электронами, входят в соединения — образуют молекулы. В природе молекулярные химические соединения называют минералами, например кальцит, каолин, магнетит.

Но что такое химия?

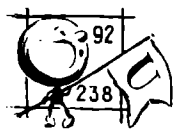
Это наука о превращениях и составе веществ, как встречающихся в природе, так и получаемых искусственно. Иначе мы ее можем определить так: химия — наука, изучающая состав, свойства и сочетания веществ, их распространение, добычу и искусственное приготовление. Химия неорганическая в первую очередь изучает природу элементов и их соединений и те законы, которые показывают взаимосвязь их свойств. Химия — наука анализа и синтеза. Она обладает творческими достижениями больше, чем другие науки, так как проникает глубоко в природу и доходит до основных корней живого вещества.

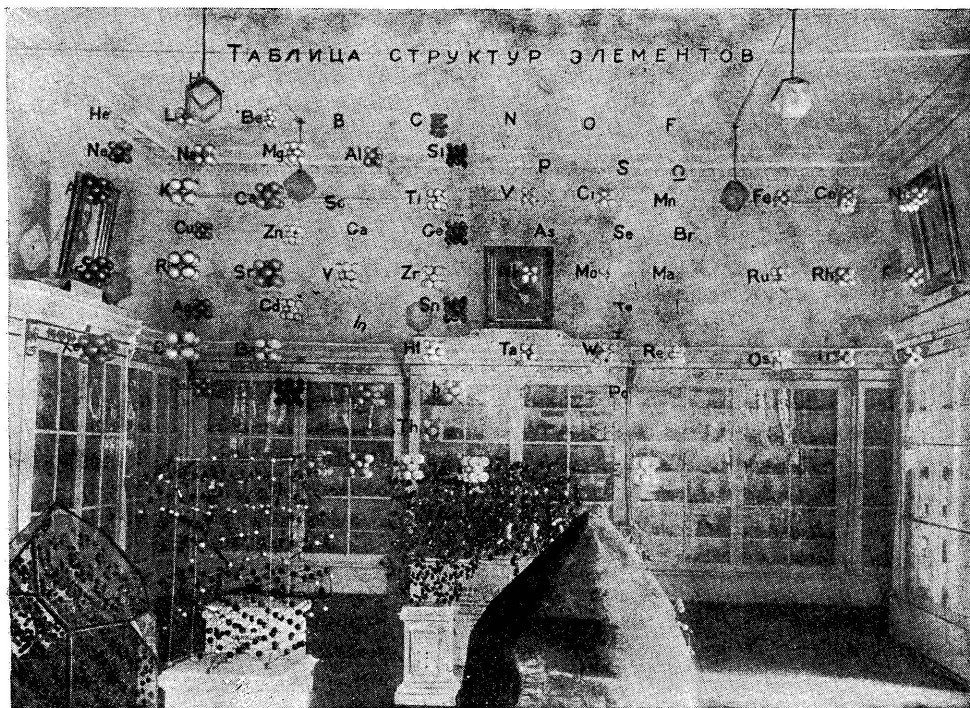
Геохимия в этом смысле есть наука, изучающая химические элементы в определенных участках земной коры, их накопление, перемещение, рассеивание, сочетания и законы связи между строением, составом и свойствами.

Что же представляет собой эта молодая наука, привлекающая за последние годы так много молодых исследователей?

Как показывает ее название, геохимия изучает химические процессы, идущие в самой земле.

Химические элементы, как самостоятельные единицы природы, перемещаются, странствуют, соединяются, словом, как мы говорим, мигрируют в земной коре; законы сочетаний элементов и минералов при различных давлениях и температурах в разных участках земной коры





Кристаллические структуры химических элементов по клеткам Менделеевской таблицы. Расположение шаров показывает, как атомы размещаются в твердом простом теле. На первом плане — на лево — схема расположения атомов кремния и кислорода в кварце. (Выставка в музее Горного института в Ленинграде.)

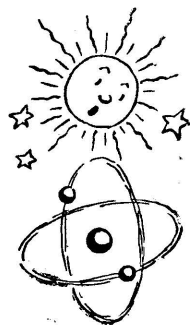
и представляют те проблемы, над которыми работает современная геохимия.

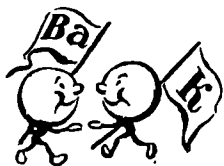
Некоторые химические элементы (например, скандий, гафний) не обладают способностью образовывать скопления и иногда настолько рассеяны, что в породе находится лишь стомиллионная доля процента определенного химического элемента.

Такие элементы мы называем сверхрассеянными и добываем их только в том случае, если они представляют какую-либо особую ценность для практики.

Сейчас мы думаем, что в каждом кубическом метре любой горной породы можно найти все элементы Менделеевской таблицы, если только наши методы анализа начнут их открывать с достаточной точностью. Не надо забывать, что новые методы в истории науки имеют еще большее значение, чем новые теории.

Другие элементы (например, свинец, железо), наоборот, в своих постоянных перемещениях имеют как бы ряд остановок, образуя такие соединения, в которых они легко накапливаются, долго сохраняются и, независимо от сложных изменений земной коры в ее геологической истории, сохраняют формы скоплений, образуют крупные концентрации и оказываются доступными для промышленного использования.





Геохимия изучает законы распределения и миграции химических элементов не только в земной коре в целом, она изучает их в определенных геологических условиях в определенных районах нашей страны, как, например, на Кавказе и Урале, намечая пути для поисков и разведок полезных ископаемых.

Таким образом, глубокие теоретические установки современной геохимии всё ближе и ближе смыкаются с проблемами практики, и геохимия стремится на основании ряда общих положений показать, где может встречаться какой-либо химический элемент, где и при каких условиях можно ожидать скоплений, например, ванадия или вольфрама, какие металлы «охотнее» будут встречаться вместе, как, например, ба-

НАУКИ О ВЕЩЕСТВЕ



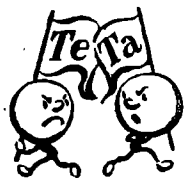
Геохимия среди родственных ей наук.

рий и калий, какие будут «избегать» друг друга, как, например, теллур и тантал.

Геохимия изучает поведение каждого элемента, но, чтобы судить об этом поведении, она должна хорошо знать свойства элемента, его своеобразие, склонность соединяться вместе с другими элементами или, наоборот, отделяться от них.

Геохимик, таким образом, превращается в поисковика-разведчика, он подсказывает те места земной коры, где можно найти железные и марганцевые руды, говорит о том, где среди змеевиков можно найти месторождения платины, и объясняет — почему; он направляет геологов на поиски мышьяка и сурьмы в молодых геологических породах и горных хребтах и предскажет неудачу, если будут искать эти металлы там, где условия для их концентрации отсутствуют.

Когда хорошо изучено поведение химического элемента, подобно поведению человека в жизни, то можно не только учесть все его по-



ступки, но можно предсказать, как он будет себя вести при различных обстоятельствах.

Вот в чем заключается огромное практическое значение этой новой науки.

Геохимия идет рука об руку с геологическими и химическими науками. Основной единицей исследований геохимии является химический элемент и его атом.

* * *

Я совсем не хочу замучить вас массой фактов, примеров, расчетов и не берусь научить вас всем премудростям геохимии. Нет, я хочу, чтобы вы увлеклись этой новой наукой, родившейся совсем недавно, чтобы вы сами убедились из отдельных очерков странствований элементов по всему миру, что геохимия — еще молодая наука, что перед ней открываются широчайшие перспективы в будущем, но что это будущее она должна завоевать.

В мире научных идей, как и всюду в жизни, не сразу побеждают прогресс и истина: нужна борьба за них, мобилизация всех сил, нужна большая целеустремленность и энергия, большая уверенность в правоте и вера в победу.

Побеждает не отвлеченная, бесплодная, неактивная мысль, а только мысль боевая, горящая огнем новых исканий, мысль, тесно спаянная с самой жизнью и ее задачами.

Необъятное поле для исследований лежит перед химиками земли в нашей стране.

Нам нужно еще огромное количество фактов, и они нам нужны так же, как, по словам великого русского ученого Ивана Петровича Павлова, нужен воздух, чтобы поддерживать крылья птицы.

Но птица и самолет держатся в воздухе не только воздушной стихией, а прежде всего своим собственным движением вперед и выше.

Этим же движением вперед и выше держится всякая наука: она держится упорной творческой работой, держится огнем смелых исканий, соединенных одновременно с холодным и трезвым анализом своих достижений.

Еще далеко не все элементы используются нашей промышленностью, еще много и упорно надо работать, чтобы действительно все элементы Менделеевской таблицы служили на пользу трудящегося человечества.

К молодым кадрам призыв — вперед, за освоение недр нашей Родины!

МИР НЕВИДИМОГО. АТОМ И ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

Дайте руку, читатель. Я поведу вас в мир малых величин, которых в обыденной жизни мы не замечаем. Вот лаборатория уменьшений и увеличений. Зайдем в нее. Нас уже ждут: этот еще не старый человек в рабочем костюме, такой обыкновенный на вид, — знаменитый изобретатель. Послушаем его.



«Зайдемте в кабину, — она сделана из материала, прозрачного для лучей любой длины волны, включая и самые короткие космические лучи. Я поверну рычаг вправо, и мы начнем уменьшаться. Процесс уменьшения, не очень приятный, идет точно по секундомеру: за каждые четыре минуты мы уменьшаемся в тысячу раз. Мы остановимся через четыре минуты, выйдем из кабины и увидим окружающий мир так, как он виден в лучшие микроскопы. Затем вернемся в кабину и испытаем уменьшение еще в тысячу раз».

Итак, мы повернули рычаг...

Наш рост сократился, мы стали величиной с муравья... Мы иначе стали слышать, так как орган нашего слуха перестал реагировать на воздушные волны... Лишь какие-то шумы, гудение, треск и шелесты достигают до нашего сознания. Но способность видеть осталась, так как в природе существуют рентгеновские лучи с длиной волны в тысячу раз меньшей, чем световые. Вид предметов изменился неожиданным образом: большинство тел стали очень прозрачными, и даже металлы превратились в ярко окрашенные, похожие на цветные стекла тела... Но зато стекло, смола, янтарь потемнели и стали походить на металлы.

Мы видим клетки растений, заполненные пульсирующим соком и зернами крахмала, и, при желании, можем просунуть руку в устьице листа; в капле крови плавают кровяные тельца величиной с копейку, бактерии туберкулеза имеют вид изогнутого гвоздя без шляпки... Бактерии холеры походят на мелкий боб с быстродвигающимся хвостиком... Но молекул не видно, и только непрерывное дрожание стенок да легкое покалывание лица воздухом, как будто навстречу нам дует ветер с пылью, извещают нас о том, что близок предел делимости материи...

Мы снова вернулись в кабину и перевели рычаг еще на одно деление. Всё потемнело, наша кабина задрожала, как при землетрясении.

Когда мы пришли в себя, кабина продолжала дрожать, и казалось, кругом нас бушует буря с градом: что-то непрерывно, как горох,

сыпалось на нас; можно было подумать, что нас обстреливают из тысячи пулеметов...

Наш проводник неожиданно заговорил:

«Выйти нельзя. Наши размеры уменьшились в миллион раз, и рост наш теперь измеряется тысячными долями миллиметра: он равен всего полутора микронам.

Толщина наших волос сейчас равна одной стомиллионной сантиметра; такая величина называется «ангстрем» и служит для измерения молекул и атомов. Поперечник молекул газов воздуха равен примерно ангстрему. Эти молекулы носятся с огромной скоростью и бомбардируют нашу кабину.

Еще при первом нашем выходе мы заметили, что воздух бил нам в лицо как бы песком: это было влияние отдельных молекул. Сейчас мы стали мельче, и их движение нам столь же опасно, как человеку, когда в него выстрелят песком.

Посмотрите сквозь окно, — вы видите пылинку в микрон в поперечнике, то есть почти такую, как и мы сами. Как она пляшет во все стороны от неравномерных ударов вихря молекул! К сожалению, мы рассмотреть их не можем: они слишком быстро двигаются... Но пора возвращаться: ультракороткие волны, в лучах которых мы рассматриваем молекулы, вредны для наших глаз».

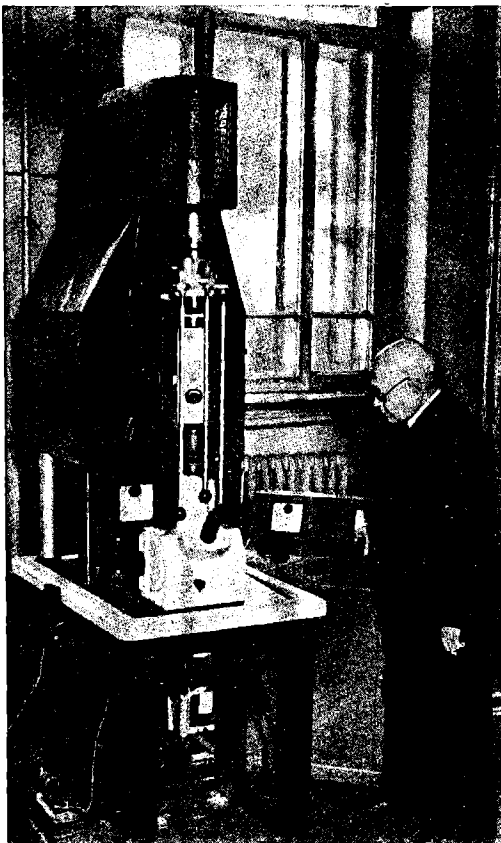
С этими словами наш проводник повернул рычаг обратно...

Наше путешествие, конечно, только воображаемое. Но картина, которую мы нарисовали, близка к действительности.

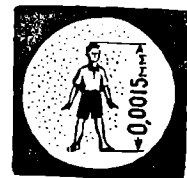
Опыт показывает нам, что, как бы ни совершенствовать методы анализа, в результате анализа сложных тел мы приходим к ряду простых веществ, которые не могут быть химически разложены на еще более простые составные части.

Вот эти, далее не поддающиеся разделению, простые тела, из которых состоят все окружающие нас тела природы, мы называем химическими элементами.

Постоянно соприкасаясь с окружающими нас телами природы,



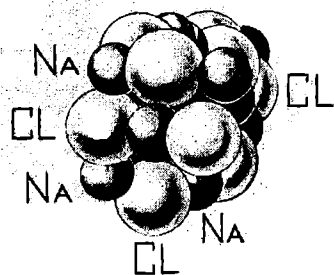
Электронный микроскоп, увеличивающий до 500 000 раз. Предмет освещается потоком: электронов, линзами являются сильные электромагниты.



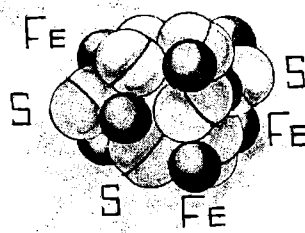
живыми и мертвыми, твердыми, жидкими и газообразными, человек пришел к одному из важнейших своих обобщений: к понятию о веществе, о материи. Каковы свойства этой материи, каково ее строение? Вот вопрос, который должен поставить перед собой всякий, изучающий природу.

И первый ответ, который дает нам непосредственное ощущение, — это видимая непрерывность вещества. Но это впечатление — обман наших чувств. Пользуясь микроскопом, мы часто открываем в веществе пористость, то есть наличие мелких пустот, не видимых невооруженным глазом.

Но и для таких веществ, в которых, казалось бы, принципиально не может быть пор, как вода, спирт и другие жидкости, а также для газов мы должны признать наличие промежутков между частицами вещества, иначе нам нельзя было бы понять, почему вещества могут сжиматься при давлении, почему они могут расширяться при нагревании.



Модель структуры каменной соли — NaCl .



Модель структуры пирита — FeS_2 .

Всякая материя зерниста. Самые малые зернышки вещества получили название атомов или молекул. Удалось измерить, например, что у жидкой воды сами молекулы занимают всего лишь около трети или четверти пространства. Остальное приходится на поры.

Сейчас мы знаем, что при сближении атомов возникают силы отталкивания и атомы не могут слиться друг с другом. Около каждого атома можно описать «сферу непроницаемости», за которую при обычных условиях не может проникнуть другая материя. Поэтому атомы вместе с этой сферой можно рассматривать как упругие шарики, непроницаемые друг для друга. Каждый элемент имеет свою величину сферы непроницаемости, выражающуюся в ангстремах. Например, у углерода она 0,19 ангстрема, у кремния — 0,39, то есть маленькая; у железа — 0,83, у кальция — 1,06 — средняя; у кислорода — 1,40, то есть большая (см. рисунок на странице 38, где элементы изображены в виде кружков, пропорциональных размерам их сфер).

Но если мы будем укладывать шары в какой-либо объем, например в ящик, то беспорядочное расположение шаров займет больший объем, чем при правильной укладке. Та из упаковок, которая займет наименьший объем, называется плотнейшей упаковкой. Ее легко полу-



чить, например, при таком опыте: взяв несколько десятков стальных шариков (от шарикоподшипника), положить их на блюдечко и легко постукивать. Благодаря тому что все шарики будут стремиться к центру блюдечка, они будут теснить друг друга и скоро расположатся рядами, образуящими между собой угол в 60° . Снаружи они расположатся по сторонам правильного шестиугольника. Это и будет плотнейшая упаковка шаров одного размера на плоскости.

Так уложены, например, атомы многих металлов — меди, золота и других.

Если шары неодинаковые, например двух резко различающихся размеров, то часто случается, что шары большего размера (например, хлор — у кристаллов поваренной соли) дают плотнейшую упаковку, а меньший атом располагается в промежутках между крупными шарами.

Таким образом, у поваренной соли или минерала галита — NaCl — один атом натрия окружен с шести сторон атомами хлора, а каждый атом хлора окружен с шести сторон атомами натрия. При этих условиях силы притяжения между ионами натрия и хлора оказываются наибольшими.

Итак, окружающие нас тела, независимо от степени их сложности или простоты, состоят из сочетания отдельных мельчайших, не видимых простым глазом частиц, или атомов, наподобие того, как большое красивое здание бывает построено из отдельных небольших кирпичей.

Мысль об этом зародилась в глубокой древности, и понятие «атом» (по-гречески — неделимый) мы встречаем еще у греческих философов-материалистов Левкиппа и Демокрита за шестьсот-четырееста лет до нашей эры. По современным представлениям, начало которым было положено еще в девятнадцатом столетии, химический элемент в свободном состоянии в форме простого тела состоит из совокупности мельчайших атомов, далее не делимых, по крайней мере без потери индивидуальных особенностей, присущих данному веществу.

Атомы одного и того же химического элемента одинаковы по строению и обладают характерной для него массой, или атомным весом.

В начале нашего столетия ученые знали, что на земле должны существовать 92 различных элемента, а значит, и 92 вида различных атомов.

Из этих 92 химических элементов к настоящему времени действительно удалось найти и выделить из природных объектов 89 химических элементов и, соответственно, 89 видов атомов, но мы не сомневаемся, что и найденные элементы тоже существуют.

Из сочетаний этих 92 видов атомов построены все известные нам тела природы.

Самый тяжелый из известных нам до последнего времени элементов — уран — имеет № 92.

В последние годы, изучая разложение урановых элементов, нашли еще более тяжелые, заурановые элементы: № 93 — нептун, № 94 — плутон, № 95 — америций, № 96 — кюрий, № 97 — берклий, № 98 — калифорний. Нет ничего удивительного, что могут быть и еще более тяжелые атомы. Но все они очень неустойчивы, крайне редко встречаются, и при



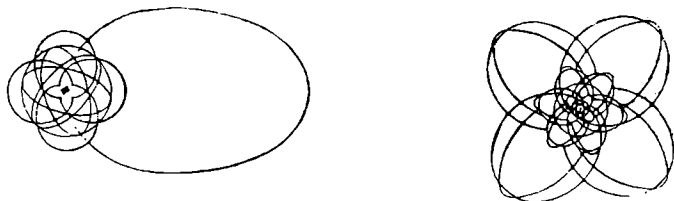
изучении состава природных тел земли мы можем без особой ошшоки считать, что все тела земли состоят из 92 элементов.

Атомы одного и того же вида, так же как и различных видов, сочетаясь друг с другом по два и более, могут образовывать молекулы различных веществ. Атомы и молекулы, комбинируясь друг с другом, строят всё многообразие природных тел.

Число атомов и молекул должно быть очень велико. Например, если взять 18 граммов воды, так называемую грамм-молекулу, то в этом количестве воды будет содержаться $6,06 \cdot 10^{23}$ молекул воды.

Число это колоссально, оно во много тысяч раз больше, чем число зерен ржи и пшеницы, выросших на земном шаре за всё время существования растительной жизни.

Для того чтобы составить себе представление о размере молекулы, сравним ее с самым мельчайшим из живых организмов — бacte-



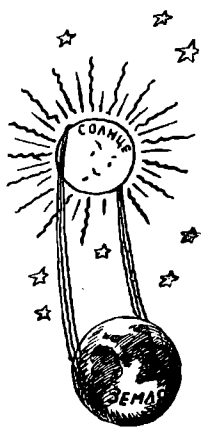
Строение атомов натрия и криптона, по Бору. Окружности обозначают орбиты электронов, ядра атомов находятся в центре.

рией, видимой лишь в микроскоп при увеличении около тысячи раз. Размер самых маленьких бактерий равен двум десятитысячным долям миллиметра. И он в тысячу раз больше размера молекулы воды, а это значит, что даже в самой маленькой бактерии содержится более двух миллиардов атомов, то есть больше, чем живет на земном шаре людей.

Цепочка из молекул воды, содержащихся в трех ее каплях, могла бы почти шесть раз протянуться от земли до солнца и обратно, так как ее длина равна 9 400 000 000 километров!

Первоначально представляли себе атом в форме мельчайшей, далее не делимой частицы, однако при более близком изучении, по мере усовершенствования и уточнения наших способов исследования, сам атом оказался весьма сложным образованием. Природа атома впервые проявилась наглядно, когда люди познакомились с явлениями радиоактивности и стали их изучать.

В центре каждого атома расположено материальное ядро, поперечник которого приблизительно в сто тысяч раз меньше диаметра атома. В ядре атома сосредоточена практически вся его масса. Ядро несет положительный электрический заряд, величина которого возрастает при переходе от легких химических элементов к тяжелым. Вокруг этого положительно заряженного ядра вращаются электроны, число которых равно числу положительных зарядов ядра, так что атом в целом электрически нейтрален.



Ядра атомов всех химических элементов состоят из совокупности двух простейших частиц — протона, или ядра атома водорода, и нейтрона, частицы с массой, почти в точности равной массе протона, но лишенной какого-либо электрического заряда. Протоны и нейтроны в ядрах атомов сцеплены настолько прочно друг с другом, что при всех химических реакциях и физических воздействиях ядра атомов остаются совершенно неизменными и устойчивыми.

Особенно устойчивой является комбинация из двух протонов и двух нейтронов, образующая ядро атома гелия. Ядро гелия настолько устойчиво, что в атомах тяжелых элементов оно содержится, повидимому, в готовом виде и при радиоактивном распаде ядер вылетает в форме альфа-частицы.

Химические свойства элементов зависят от строения и свойств наружной электронной оболочки атомов, от способности их отдавать или присоединять электроны. Строение же ядра атома на химических свойствах атома почти не сказывается. Поэтому атомы, обладающие одним и тем же числом наружных электронов, даже если структура ядер, масса их или атомный вес различны, обладают одинаковыми химическими свойствами и образуют родственные группы атомов, как, например, хлор, бром, иод и тому подобные группы.

На рисунках показаны модели строения атомов натрия и благородного газа криптона, из которых видно, как усложняются орбиты электронов по мере увеличения атомного веса.



АТОМЫ ВОКРУГ НАС

Посмотрите на три прекрасных снимка, которые мы помещаем в этой главе.

Дивный вид горного озера, синяя гладь воды, угрюмые скалы известняков, темнозеленые пятна одиноких деревьев, а над всем яркое южное солнце.

Шумный, окутанный дымом и паром, пылающий огнями металлургический завод — чудо советской техники, гордость целого поколения строителей; длинными змеями тянутся к нему поезда с рудой, углем, флюсами, кирпичом, а от него они увозят сотни тонн рельсов, болванок, отливок, проката в новые центры промышленности и хозяйства.

Нарядный автомобиль «ЗИС-110», — сверкают темнозеленым лаком его крылья, рокочет мотор мощностью в сто сорок лошадиных сил, тихо раздаётся пение радиоприемника. Из трех тысяч деталей собрана эта дивная машина на длинном конвейере завода, и сотни тысяч километров ей нипочем!

Посмотрите на эти три картинки и откровенно скажите мне, о чем вы подумали, посмотрев на них, что вас в них заинтересовало, о чем захотелось спросить

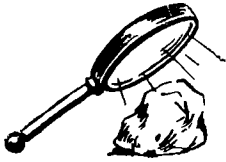
Я угадываю ваши мысли и ваши вопросы: ведь вы живете в век техники и промышленности, ваши интересы там, где машина рождает силу, а сила рождает машину.

Но я хочу рассказать вам совсем о другом, чтобы вы иными глазами посмотрели на наши картинки. Слушайте.

* * *

«Сколько замечательных научных геологических проблем таится в этом озере! — скажет мне геолог. — Как образовался этот огромный и глубокий провал, что заперло эти синие воды в угрюмых скалах таджикских хребтов? Ведь от вершин гор до дна озера две-три тысячи метров; какие могучие силы смогли поднять и смять пласты горных пород?»

«Какие чудесные известняки образуют скалы и горы! — скажет минералог! — Как много десятков и сотен тысячелетий должно было пройти, чтобы накопился на дне океанов такой мощный осадок из ила, раковин, скорлупок, панцирей и сжался в плотную известковую породу, почти мрамор! Возьмите обычную минералогическую лупу, которая уве-





Горное озеро в Таджикистане.

личивает в десять раз: вы с трудом различите при ее помощи отдельные блестящие кристаллики известкового шпата, из которых порода сложена».

«Но какая белизна и чистота у этого известняка! — перебьет его химик-технолог. — Ведь это великолепное сырье для цементной промышленности и для обжига на известь, — это почти чистый углекислый кальций, соединение атомов кальция, кислорода и угольной кислоты. Посмотрите, я растворю его в слабой кислоте, кальций растворится, а угольная кислота с шипением улетит в воздух».

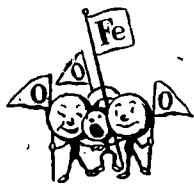
«Но можно проделать и более точные опыты, — скажет геохимик. — С помощью спектроскопа можно доказать, что в этом известняке есть и другие атомы: стронция и бария, алюминия и кремния. А если сделать сверхточный анализ и попытаться определить самые редкие атомы, которых приходится меньше одной миллионной доли процента, то можно будет открыть в нем даже цинк и свинец.

Но не думайте, что это особое свойство нашего известняка: даже в самом чистом мраморе, какой есть на свете, опытные химики насчитывают 35 сортов разных атомов.

Сейчас мы даже склонны думать, что в каждом кубическом метре камня — гранита или базальта, известняка или глины — можно будет найти все элементы Менделеевской таблицы, только некоторых из них будет в триллион раз меньше, чем кальция или углерода».

Так увлекут нас своими словами геолог, минералог, химик и геохимик, что вместо простого сероватого известняка перед нами встанут скалы какого-то загадочного камня; и захочется глубже проникнуть в его природу и раскрыть тайну его бытия и происхождения.





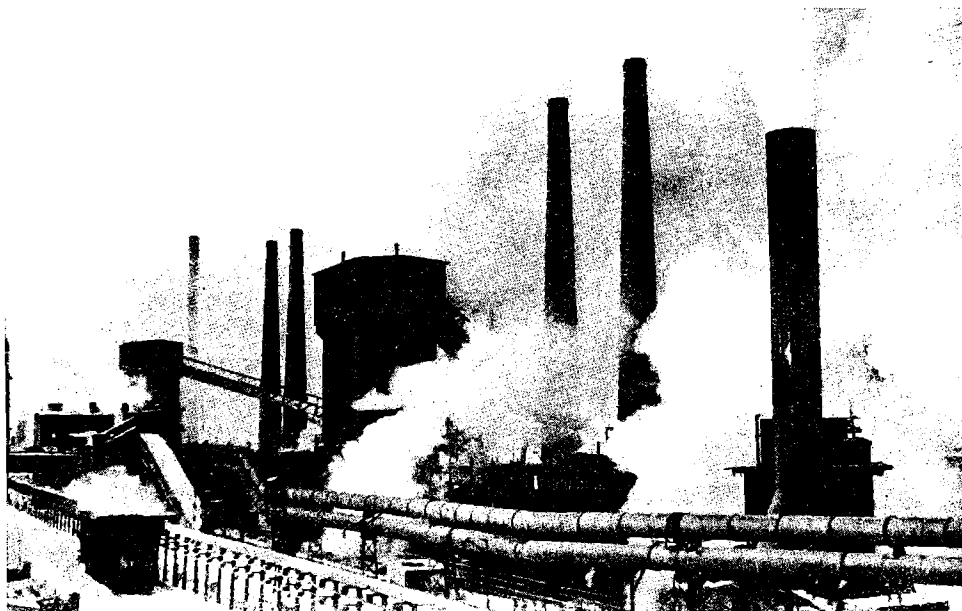
Теперь обратимся к заводу. Какие странные, необычные по масштабу и по форме здания его составляют! Гигантские башни-колодцы, наполненные рудой, углем, камнем; к этим башням подведены огромные рукава, подающие сжатый и нагретый воздух. Для чего это? Зачем плавится там внутри металл, горит уголь, сверкают при выходе тучи раскаленных газов?

И вы, наверное, удивитесь, если я скажу вам, что это лаборатория атомов: в руде атомы железа крепко-крепко связаны более крупными шарами — атомами кислорода, которые мешают железным атомам сблизиться и дать нам ковкий тяжелый металл — железо... А руда железа совсем не имеет свойств этого металла, хотя и содержит его 70%. Поэтому надо выгнать кислород. Но это не так просто сделать!

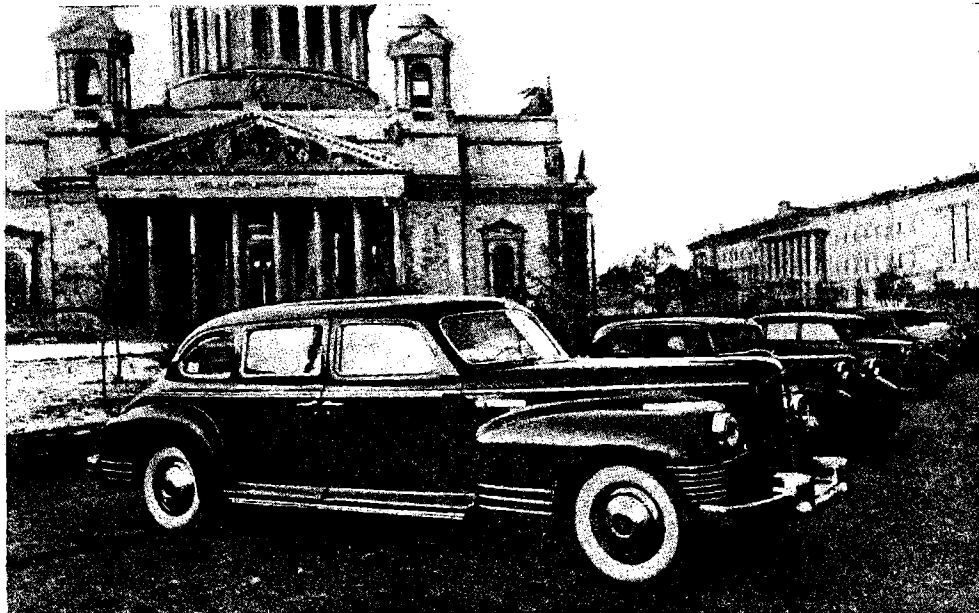
Помните, читатель, сказку, как сестрица Алёнушка должна была выбрать из груды зерен все песчинки и как она позвала для этой работы своих друзей муравьев и они выполнили успешно трудный урок? Так ведь то были песчинки, которые в миллион раз больше диаметром, чем атомы кислорода! «Трудная задача, да и вряд ли выполнимая», — скажете вы. Да, много труда и человеческой энергии потребовалось, чтобы решить эту головоломку.

И всё же она решена!

Человеческий гений призвал здесь на помощь не муравьев, а атомы других веществ. И в союзе со стихиями — огнем и ветром — он заставил эти атомы отнимать кислород от железа и выносить его с горячим воздухом на верх кипящего в печи расплава.



Металлургический завод.



Легковой автомобиль «ЗИС-110» производства Московского завода имени Сталина.

Что же это за друзья атомы, которые победили кислород? Их два — кремний и углерод. Оба они очень крепко, крепче железа, схватывают кислород и образуют с ним прочные постройки. И оба помогают друг другу. Углерод, сгорая, отнимает кислород и при этом развивает огромную температуру; но один он не справился бы, так как твердая железная руда тугоплавка, малоподвижна и атомам углерода не проникнуть внутрь плотных кусков руды.

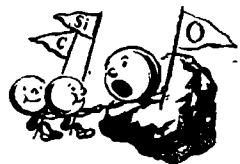
Но тут приходит на помощь кремний: маленький, цепкий, он дает легкоплавкие шлаки, растворяет руду, отнимает кислород и передает его углероду. Часть углерода растворяется в железе и сообщает ему подвижность, легкоплавкость.

И тогда приходят на помощь стихии: огонь увеличивает подвижность, всё легкое вместе с газами всплывает вверх, всё тяжелое опускается вниз, и вот перед нами чудо: атомы разделились — железо с растворенным углеродом располагается внизу печи, легкие шлаки, унесшие весь кислород руды, плавают на поверхности расплавленного металла, их можно выбросить туда, куда укажет рука мастера...

Как много знаний надо было накопить, как тонко надо было понимать повадки и прихоти каждого атома, чтобы суметь в колоссальных масштабах безошибочно сортировать атомы по своему желанию!

*
*
*

Посмотрим теперь на третий снимок — наш советский автомобиль «ЗИС-110». Он тоже сочетание атомов, подобранных друг к другу для единой цели — дать неутомимую, сильную, бесшумную и быструю машину.





Три тысячи деталей из 65 сортов атомов и не менее 100 сортов металла — вот что такое «ЗИС-110»! В нем много железа — но железа, свойства которого изменены на сотни ладов: вот сплав железа с 4% углерода — чугун, из него отлито тело мотора. Вот углерода оставили меньше, и получилась твердая и упругая сталь. Вот к железу прибавили похожих на него атомов марганца, никеля, кобальта, молибдена, — сталь стала упругой, выносливой, не боящейся ударов. Прибавили ванадия, — сталь приобрела гибкость хлыста, и создавалась неутомимая рессора...

На втором месте в машине, несомненно, теперь стоит алюминий, хотя раньше была медь, — поршни и ручки, изящные корпуса, покрытия и ободы — всё, что можно сделать легким, всё из алюминия или его сплавов с медью, кремнием, цинком, магнием...

А лучший фарфор — в автомобильных свечах, а лаки, не боящиеся дождя и холода, сукна, медь — в проводах, свинец, сера — в аккумуляторах... Довольно, а то не останется ни одного элемента, который бы не ездил в автомобиле... Они, сочетаясь между собой, образуют более 250 различных веществ и материалов, которые прямо или косвенно используются автомобильной промышленностью.

И надо подчеркнуть, что человек идет здесь наперекор природным процессам, ломает их, заставляет их подчиниться своей воле. Разве естественно быть алюминию свободным? Нет и нет, и если бы не гений человека, — этого пикогда на земле не случилось бы, хотя бы земля существовала еще миллиарды лет.

Человек, поняв, узнав свойства атомов, воспользовался этим знанием, чтобы переместить элементы так, как ему нужно. В земле распространены большие всего легкие элементы; пять из них — кислород, кремний, алюминий, железо и кальций — составляют 91% земной коры. Если прибавить еще семь — натрий, калий, магний, водород, титан, хлор и фосфор, — то эти двенадцать элементов составят 99,51%. На долю остальных восьмидесяти элементов приходится едва 0,5% по весу.

Но человека не устраивает такое распределение: он упорно ищет редко встречаемые элементы, извлекает их из земли подчас с невероятными трудностями, изучает их свойства на все лады и использует, где это необходимо и целесообразно...

Вот почему в автомобиле оказались никель, которого в земле две сотых процента, и кобальт, которого одна тысячная процента, молибден, которого менее одной тысячной процента, и даже платина, которой двенадцать миллиардных процента!

Всюду атомы — и человек их хозяин! Властной рукой он берет их, мешает, не нужные ему отбрасывает, нужные соединяет, хотя без него эти элементы никогда не встретились бы вместе. И если горное озеро в Таджикистане слагит могучие стихии, воздвигнувшие скалы и создавшие провалы, то завод и автомобиль — это индустриальная симфония о могуществе человеческого гения, о его труде и науке.

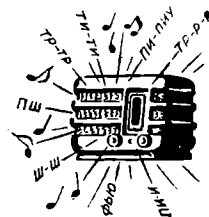


РОЖДЕНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ АТОМА В МИРОЗДАНИИ

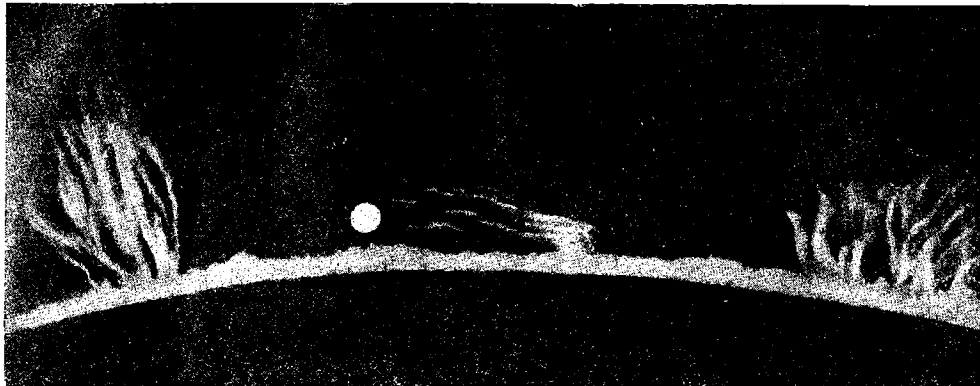
Я вспоминаю один вечер, тихий, прекрасный вечер в Крыму. Вся природа как будто бы уснула, и ничто не тревожило гладь спокойного моря. Даже звезды не мерцали на черном южном небе, а сияли яркими лучами. Замолкла жизнь вокруг, и казалось, весь мир остановил свое движение и замер в бесконечной тишине южной ночи.

Но как далека эта картина от истины и как обманчивы тишина и спокойствие окружающей нас природы!

Достаточно подойти и медленно начать вращать рукоятку радиоприемника, чтобы узнать, что весь мир пронизан мириадами несущихся



Вечер в Крыму. Берег у Алупки.



Протуберанцы на солнце во время затмения 28 мая 1900 года. Белый кружок — размеры земли в том же масштабе; диаметр ее 12 750 километров.

электромагнитных волн. Измеряемые то отдельными метрами, то тысячами километров, бурные волны поднимаются на высоту озоновых слоев и обрушиваются вновь на землю. Налагаясь одни на другие, они наполняют весь мир не слышными уху колебаниями.

А звезды, которые кажутся столь незыблемыми на небосводе, несутся в мировом пространстве с головокружительными скоростями в сотни и тысячи километров в секунду. Одно солнце-звезда устремляется в одну сторону галактики, увлекая за собой целые потоки тел, не доступных глазу, другие закручиваются в еще более быстром темпе, создавая грандиозные туманности, третьи уходят из наших сфер в неведомые области мироздания.

Со скоростями тысяч километров в секунду клубятся пары раскаленного вещества в атмосфере звезд, и в несколько минут вырастают в тысячи километров громадные клубы газов, образуя сверкающие в короне солнца протуберанцы.

Кипит расплавленное вещество и в непомерных глубинах далеких звезд. Десятки миллионов градусов определяют собой скорость движения атомов; отдельные частицы отрываются друг от друга, разрываются ядра атомов, потоки электронов устремляются в верхние слои звездных атмосфер, а мощные электромагнитные бури, пронизывая миллионы и миллиарды километров, достигают нашей земли, возмущая спокойствие ее атмосферы.

Весь космос насыщен колебаниями, и прекрасно сказал один из величайших ученых прошлого Лукреций Кар почти за сто лет до нашей эры:

То телам изначальным, конечно,
Вовсе покоя нигде не дано в пустоте необъятной.
Наоборот: непрерывно гонимые разным движеньем,
Частью далеко они отлетают, столкнувшись друг с другом,
Частью ж расходятся врозь на короткие лишь расстоянья.

Живет своей жизнью и наша земля. Как будто тихая, безмолвная, ее поверхность на самом деле вся насыщена жизнедеятельностью.

ЛУКРЕЦИЙ



КАР

Миллионы мельчайших бактерий населяют каждый кубический сантиметр почвы. Микроскоп, расширяя рамки исследования, открывает новые миры еще более мелких живых существ, постоянно движущихся вирусов, и спор идет о том, считать ли их живыми существами или диоквинными молекулами неживой природы.

Вечно перемещаются молекулы в тепловых движениях моря, а научный анализ показывает, что в морской воде молекулы и атомы совершают колебания по сложным путям со скоростями, измеряемыми километрами в минуту.

Вечно идет обмен атомами между воздухом и землей. Из глубин земной поверхности испаряются в воздух атомы гелия; скорость их движения настолько велика, что они преодолевают земное тяготение и улетают в межпланетное пространство.

Подвижные атомы кислорода внедряются из воздуха в организмы, молекулы угольной кислоты разлагаются растениями, создавая постоянный круговорот углерода, а в глубинах земли, стремясь вырваться к поверхности, кипят еще огненные расплавы тяжелых пород.

Твердый, спокойный, лежит перед нами чистый и прозрачный кристалл. Как будто бы в строго определенных узлах какой-то неизменно прочной решетки распределены отдельные атомы вещества. Но это тоже только кажется: они постоянно находятся в движении, колеблясь вокруг своих точек равновесия, постоянно обмениваясь своими электронами, которые то свободны, как у атомов металла, то связаны и совершают свое движение по сложно повторяющимся орбитам.

Всё живет вокруг нас. Картина тихого вечера в Крыму обманчива, и чем больше наша наука овладевает природой, тем больше раскрывается перед ней действительная картина всех движений окружающего нас мирового вещества. И здесь, когда науке стало доступно измерение движения за время миллионных долей секунды, когда она своими новыми рентгеновскими «руками» измеряет миллионные доли сантиметра с такой точностью, с какой мы не можем мерить нашим метром, когда она научилась увеличивать картины природы в 200 и 300 тысяч раз и сделала доступными глазу человека не только мельчайшие вирусы, но и отдельные молекулы вещества, — нет больше в мире мирового спокойствия, а есть лишь хаос постоянных движений, ищущих своего временного равновесия.

Когда-то, давным-давно, когда еще не расцвела древняя Греция, на Малоазиатских островах жил замечательный философ Гераклит. Он сумел проникнуть в глубины мироздания своим прозорливым умом, и им были сказаны слова, которые Герцен назвал самыми гениальными словами в истории человечества.

Гераклит сказал: «панта реи» — «всё течет» — и построил свою систему мира на аксиоме о вечном движении. С этой идеей прошло человечество все эпохи своей истории. На ней строил свою философию Лукреций Кар в замечательном стихотворении о природе вещей и истории мира. На ней строил с редкой прозорливостью свою философскую физику гениальный русский ученый М. В. Ломоносов, говоря, что каждая точка в природе имеет три движения: поступательное, коловратное и зыблющееся. И сейчас, когда новые успехи науки подтвердили это старое философское представление, мы должны по-новому смотреть на окружающий нас мир и законы вещества.



ГЕРАКЛИТ



Ломоносов

Законы распределения атомов явятся для нас законами тех бесконечно сложных движений разных скоростей, разных направлений и разных масштабов, которые определяют всё разнообразие окружающего нас мира и мятущихся в нем отдельных атомов. Мы начинаем сейчас понимать по-новому мировое пространство, окружающее нас.

Размеры доступной нашему наблюдению вселенной колоссальны. Их нельзя измерять километрами, это слишком малая единица. Даже расстояние между солнцем и землей, которое равно 150 миллионам километров и которое свет проходит в восемь с третью минут, хотя за каждую секунду он может обогнать землю семь с половиной раз, и то слишком малая единица. Ученые придумали особую единицу — «световой год», то есть то расстояние, которое свет пробегает за год времени. Лучшие телескопы могут различать звезды, свет которых идет до нас миллионы лет... Поистине, нет границ космосу, для нас пределы его определяются только несовершенством наших телескопов...

Клубок звездной материи в мировом пространстве в отдельных местах образует сгущения, возникает то, что мы называем видимым миром. Таких миров примерно сто миллиардов. В каждом из этих миров также около ста миллиардов звезд, а в каждой звезде 1 и 57 протонов и нейтронов — тех мельчайших частиц, из которых составлен весь мир, не считая более мелких частиц электричества — отрицательно заряженных электронов.

В не понятном еще нами бурном сочетании и борьбе этих единых по своей природе точек вещества и энергии рождается атом. Это прежде всего простейший атом водорода, которого в мировом пространстве очень много. Мы знаем большое число космических туманностей, состав которых — почти только один водород. Атомы водорода собираются, влекаемые силой мирового тяготения, подталкиваемые особыми межатомными силами, изучение которых еще только началось. Возникают мощные клубки в 1 и 55 протонов атомов, появляется звезда. Но размеры мироздания бесконечно велики по сравнению с объемом возникших атомов. Мы знаем, что большая часть мирового пространства фактически как бы пуста, только 10 или 100 частиц-атомов вещества приходится на 1 кубометр, а это отвечает такому разрежению, которое в единицу с 27 полями меньше, чем нормальное давление атмосферы на земле. От этих разреженных мировых пространств мы можем дойти до совершенно невиданных уплотнений, вызванных давлением в глубинах звезд, где миллиарды атмосфер состязаются с десятками или сотнями миллионов градусов, и тут-то и находится природная лаборатория, где возникают из водорода новые, более тяжелые атомы, и в первую очередь — гелий.

В звездах, светящихся ослепительно белым светом, как, например, знаменитый спутник Сириуса, вещество такое плотное, что оно в тысячу раз тяжелее золота и платины. Нам трудно себе даже представить, что это за вещество и каковы его свойства.

С одной стороны — бесконечные межпланетные пространства, рассеваемые свободным полетом одиноких атомов. Здесь диалектически сплетается мировой покой со стремительным движением, здесь господствует температура почти абсолютного нуля.

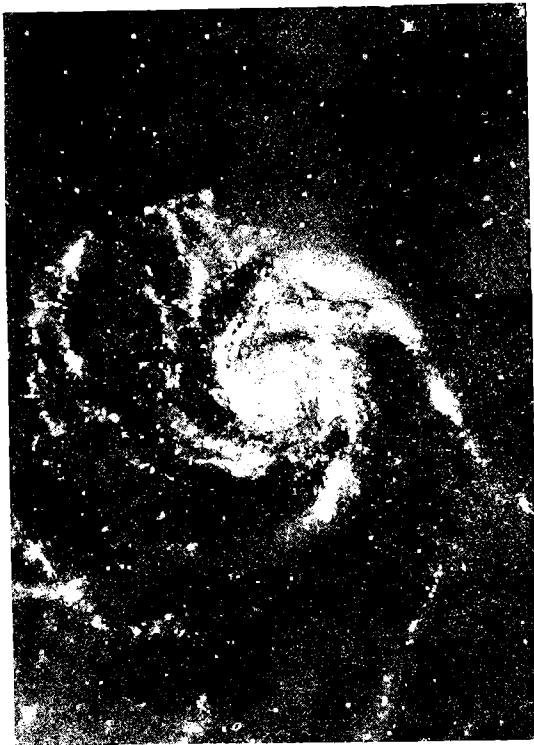
С другой стороны — центральные области звезд, в которых миллионы градусов сочетаются с давлениями в миллионы атмосфер, где

атомы, преодолев отталкивание электронов, сбивы в одну плотную массу невиданных на земле веществ. В этих условиях совершается эволюция химических элементов, тем более тяжелых и плотных, чем больше масса звезды и выше давление и температура в ее внутренних частях.

Рождающийся химический элемент является первым звеном в борьбе против хаоса. Из свободных разноименно заряженных протонов и электронов в условиях большого спокойствия и малых температур возникает новая, более устойчивая и более уравновешенная постройка. Грандиозные давления в центрах раскаленных звезд сдавливают эти кирпичики мира в тяжелые атомы элементов, может быть, нам еще совершенно неизвестных и стоящих даже за пределами Менделеевской таблицы. Они могут существовать, очевидно, только в пекле кипучей жизни солнечного центра, но на поверхности они ищут новых путей равновесия, и новые законы устанавливают их существование.

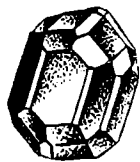
Так постепенно в разных местах возникают разные постройки, которые мы называем химическими элементами. Одни из них более тяжелые, более насыщенные энергией, другие легкие и состоят всего лишь из нескольких протонов и нейтронов. Эти более легкие элементы увлекаются потоками на периферию звезд, в их атмосферу, или сплетаются в громадные мировые туманности. Другие, менее подвижные, остаются на поверхности раскаленных или расплавленных тел.

Сильнейшие излучения разрушают одни постройки, строят другие; одни элементы распадаются, другие вновь создаются, пока готовые атомы не попадут туда, где нет могучих сил, которые могли бы разрушить их прочные ядра. И тогда начинается история странствования в мироздании отдельных атомов. Одни наполняют межпланетные пространства, как атомы кальция и натрия, которые в свободном полете рассекают всё мировое пространство. Другие, более тяжелые, более устойчивые, накапливаются в отдельных частях туманностей. Температуры падают, электрические поля атомных клубков сочетаются друг с другом, образуются молекулы простых химических соединений: карбиды, углеводороды, частицы ацетилена, какие-то формы не известных нам на земле



Туманность M-101 в созвездии Большой Медведицы.

тел, которые находят астрофизики при наблюдениях раскаленных поверхностей далеких звезд как первый продукт сочетаний атомов.



Из них, из этих свободных простых молекул, постепенно рождаются всё более и более стройные системы. В условиях более низких температур, вне разрушительных полей и космических глубин, наконец рождается второе звено мирового порядка — кристалл. Кристалл — это замечательная постройка, где атомы расположены один по отношению к другому в определенном порядке, словно кубики в коробке. Рождение кристалла есть следующий этап в процессе выхода вещества из хаоса. Сочетаются 1 с 22 полями отдельных атомов друг с другом, образуется кубический сантиметр кристаллического вещества. Свойства атомов исчезают, появляются новые свойства — кристалла. Господствуют уже не законы тех электромагнитных клубков, из которых они сложены, не таинственные еще законы энергии ядер, а новые законы вещества — законы химии.

Я не буду дальше продолжать, — я хотел только показать, что мир, окружающий нас, нам мало известен, что его спокойствие только кажущееся, что весь он наполнен движением, в вихре движений рождается в мире вещество в том виде, как мы его знаем у нас, на земле, как мы видим его в твердом камне в окружающей нас природе. Многое из того, что я вам рассказал, уже доказано современной наукой, но еще много загадочного осталось в нашем представлении о том, как из мирового хаоса рождается сначала атом, а потом кристалл.

И всё же как замечательно нарисована эта картина Лукрецием Каром, римским философом, две тысячи лет тому назад! Припомним несколько строк из его поэмы:

Был только хаос один и какая-то дикая буря
Всякого рода начал, беспорядок нестройный которых
Все промежутки, пути, сочетания, тяжесть, удары,
Встречи, движения их возмущал, затеяв сраженья.
Так как при разнице форм и в силу несходства в фигурах
Несъединенными так им нельзя было всем оставаться,
Ни произвести меж собою каких-либо стройных движений,
Врозь разбежаться затем стали разные части, со сходным
Сходное в связи входить и мир разграничивать стало,
Члены его разделять и дробить на великие части.

Итак, в природе нет покоя: всё изменяется, хотя и с разной скоростью. Изменяется и камень, символ прочности, ибо атомы, его составляющие, находятся в вечном движении. А нам он кажется прочным и неподвижным лишь потому, что мы не видим этого движения, результаты которого становятся ощутимыми через долгие сроки, тогда как сами мы изменяемся неизмеримо быстрее.

Долгое время считали, что только атом неделим, неизменен и равнодушен к вечной перемене. Но нет — и атомы послушны времени. Одни из них — мы называем их радиоактивными — меняются быстро, другие — медленно... Мало того, мы знаем теперь, что и атомы эволюционируют, создаются в пеклах звезд, развиваются, умирают...

И в человеческом разуме — отражение того же вечного движения и развития: сначала непонимание, хаос, отсутствие порядка. Но вот начинают проявляться типы связей всех частей мира, движения оказываются закономерными, возникает стройная картина единой вселенной... Таков мир, как его раскрывает нам современная наука.



КАК МЕНДЕЛЕЕВ ОТКРЫЛ СВОЙ ЗАКОН

В старом здании химической лаборатории Петербургского университета сидел молодой, но уже известный профессор. Это был Дмитрий Иванович Менделеев. Он только что получил кафедру общей химии в университете и был занят составлением курса для студентов. Он искал при этом наиболее удобных форм для изложения законов химии, описания истории отдельных элементов и упорно думал над тем, как расположить свое изложение. Как связать между собой рассказы о калии, натрии или литии, о железе, марганце и никеле? Он уже чувствовал, что есть какие-то не совсем еще понятные связи между отдельными химическими атомами.

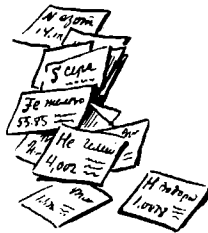
Для того чтобы найти лучший порядок, он взял отдельные карточки и на них написал крупными буквами название элемента, его атомный вес и некоторые главные свойства. Затем он стал раскладывать эти карточки, группируя элементы по их свойствам, примерно так, как наши бабушки раскладывали вечерами свои пасьянсы.

И вот профессор увидел замечательную закономерность. Он разложил все химические элементы подряд, в порядке увеличения атомного веса, и оказалось, что, за немногими исключениями, через определенные интервалы свойства элементов начали повторяться. Тогда он стал подкладывать следующие карточки под первым рядом и сделал второй, а через семь элементов начал раскладывать третий ряд.

Тут пришлось разложить уже семнадцать элементов, чтобы похожие атомы лежали один под другим, да и не очень всё хорошо сходилось, надо было оставлять свободные места. Затем снова таких же семнадцать клеточек — получился следующий неплохой ряд. Дальше дело пошло сложнее, ряд атомов совсем не хотел влезать в свои клетки, но всё же повторение свойств намечалось ясно.

Все известные Д. И. Менделееву элементы расположились, таким образом, в виде особой таблицы, при этом, за немногими исключениями, все они следовали один за другим горизонтальными рядами в порядке повышения их атомного веса, а сходные элементы оказались расположенными по вертикали в ряды колонок.

В марте 1869 года Д. И. Менделеев прислал в Физико-химическое общество в Петербурге первое краткое сообщение о своем законе. Потом, предвидя огромное значение сделанного им открытия, он стал



упорно над ним работать, уточнять, исправлять свою таблицу. Он скоро убедился, что в таблице есть пустые места.

«В этих пустых местах за кремнием, бором и алюминием будут найдены новые вещества», — говорил он. Это предсказание вскоре сбылось, и в пустые клетки легли вновь открытые элементы, получившие названия галлия, германия и скандия.

Так русским химиком Д. И. Менделеевым было сделано величайшее в истории химии открытие.

В те времена было известно лишь 62 элемента. Атомные веса были определены неточно, отчасти неверно, свойства атомов были изучены еще плохо. Надо было суметь проникнуть в природу каждого химического вещества, понять сходство одних металлов с другими, разгадать пути странствования каждого из них, их совместную дружбу или вражду в самой земле.

Д. И. Менделееву удалось связать воедино всё то, что до него было сделано по изучению химии земли.

Связи между элементами, правда еще в неясном и несовершенном виде, подмечали и другие ученые.

Но большинство ученых того времени считало идею о род-

стве элементов абсурдной. Так, когда английский химик Д. А. Ньюлендс, один из борцов за свободу Италии в войсках Гарибальди, представил для печати работу о повторяемости свойств некоторых элементов при возрастании атомного веса, то его работа была отвергнута Химическим обществом, а один из химиков сказал в насмешку, что Ньюлендс добился бы еще более интересного вывода, если бы расположил все элементы по алфавиту их названий.

Но это всё были частности. Надо было сделать неизмеримо большее: надо было подметить единый план, основной закон вселенной и показать на фактах, что он действует везде, что каждый элемент всеми своими свойствами зависит от этого закона, подчиняется ему, вытекает из него.

Для этого надо было иметь гениальную интуицию, умение подмечать общее в противоречивом и настойчивость в исследовании конкретных фактов. Это мог сделать толь-



Знаменитый русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) в своей лаборатории.

ко такой гигант мысли, каким был Д. И. Менделеев.

Один Д. И. Менделеев сумел так ясно, четко и просто представить взаимную связь всех атомов природы, что никто не мог опровергнуть его систему.

Порядок был найден. Правда, еще загадочны были те связи, которые соединяли металлы между собой, но порядок был столь очевиден, что позволил Менделееву говорить о новом законе природы — периодическом законе химических элементов.

С тех пор прошло более семидесяти пяти лет. Почти сорок лет работал над этим законом Д. И. Менделеев, проникая в самые глубокие тайны химии в своей лаборатории.

В Палате мер и весов, которой он заведовал, он изучал и измерял самыми точными методами разные свойства металлов, находя всё более и более подтверждений своему открытию.

Он ездил по Уралу, изучая его богатства, посвятил много лет проблеме нефти и ее происхождения, и всюду — в лаборатории и в природе — он видел подтверждение своего периодического закона, всюду, в глубочайших теориях и в промышленности, этот закон превращался в руководящий компас, который, как у мореплавателей в море, направлял искания ученых и практиков.

И до самой своей смерти Д. И. Менделеев совершенствовал, исправлял, углублял свою маленькую табличку 1869 года, и сотни химиков, следуя по его гениальному пути, открывали то новые элементы, то новые соединения, постепенно разгадывая глубокий внутренний смысл таблицы Менделеева.

Сейчас она встала перед нами в совершенно новом виде.

Оказалось, что таблица Д. И. Менделеева явилась превосходным руководством для изучения закономерности строения спектров атомов. Изучая спектры элементов и расположив их в порядке таблицы Менделеева, Генри Мозелей совершенно неожиданно в 1913 году раскрыл еще одну закономерность таблицы Менделеева и установил важную роль порядкового номера элемента в таблице.

Он доказал, что самое важное в элементе — это заряд центрального ядра, который точно равен порядковому номеру элемента. У водорода он равен единице, у гелия — двум, а, например, у цинка — тридцати, у урана — девяносто двум. И столько же электронов привязано этими зарядами к ядру и носится вокруг него по орбитам.

ОПЫТ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДИСТВѢ

			Ti=50	Zr= 90	?=180.
			V=51	Nb= 94	Ta=182.
			Cr=52	Mo= 96	W=186.
			Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4
			Fe=56	Ru=104,4	Ir=198
			Ni=Co=59	Pd=106,6	Os=199.
			Cu=63,4	Ag=108	Hg=200
			Be=9,4	Mg=24	Zn=65,4
			B=11	Al=27,4	?=68
			C=12	Si=28	?=70.
			N=14	P=31	As=75
			O=16	S=32	Se=79,4
			F=19	Cl=35,5	Br=80.
					I=127
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204
			Ca=40	Sr=87,4	Ba=137
			?=45	Ce=92	Pb=207.
			?Er=56	La=94	
			?Yt=60	Di=95	
			?In=75,4	Tb=118?	

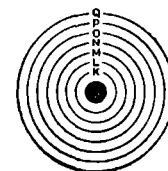
Д. Менделѣевъ

Периодическая система элементов.
Первая таблица, данная Д. И. Менделеевым
в 1869 году.



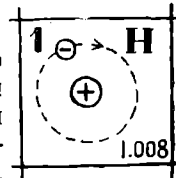
период	ряды	г р у п п ы э л е м е н т о в										
		I — R ₂ O	II — RO	III — R ₂ O ₃	IV RH ₄ RO ₂	V RH ₃ R ₂ O ₅	VI RH ₂ RO ₃	VII RH R ₂ O ₇	VIII			O —
I	1	1 H водород . 1,0080										2 He гелий 4,003
II	2	3 Li литий 6,940	4 Be бериллий 9,02	5 B бор 10,82	6 C углерод 12,010	7 N азот 14,008	8 O кислород 16,0000	9 F фтор 19,00				10 Ne неон 20,183
III	3	11 Na натрий 22,997	12 Mg магний 24,32	13 Al алюминий 26,97	14 Si кремний 28,06	15 P фосфор 30,98	16 S сера 32,06	17 Cl хлор 35,457				18 Ar аргон 39,944
IV	4	19 K калий 39,096	20 Ca кальций 40,08	21 Sc скандий 45,10	22 Ti титан 47,90	23 V ванадий 50,93	24 Cr хром 52,01	25 Mn марганец 54,93	26 Fe железо 55,85	27 Co кобальт 58,94	28 Ni никель 58,69	
	5	29 Cu медь 63,57	30 Zn цинк 65,38	31 Ga галлий 69,72	32 Ge германий 72,60	33 As мышьяк 74,91	34 Se селен 78,96	35 Br бром 79,916				36 Kr криптон 83,7
V	6	37 Rb рубидий 85,48	38 Sr стронций 87,63	39 Y иттрий 88,92	40 Zr цирконий 91,22	41 Nb ниобий 92,91	42 Mo молибден 95,95	43 Tc технеций (99)	44 Ru рутений 101,7	45 Rh родий 102,91	46 Pd палладий 106,7	
	7	47 Ag серебро 107,880	48 Cd кадмий 112,41	49 In индий 114,76	50 Sn олово 118,70	51 Sb сурьма 121,76	52 Te теллур 127,61	53 I йод 126,92				54 Xe ксенон 131,3
VI	8	55 Cs цезий 132,91	56 Ba барий 137,36	57 La лантан 138,92	58 Pr прамий 140,92	59 Nd неодим 144,24	60 Pm прометий 147	61 Sm самарий 150,43	62 Eu европий 152,0	63 Gd гадолиний 157,9		
	9	79 Au золото 197,2	80 Hg ртуть 200,61	81 Tl таллий 204,39	82 Pb свинец 207,21	83 Bi висмут 209,00	84 Po полоний (210,0)	85 At астат (211)				86 Rn радон 222
VII	10	87 Fr франций (223)	88 Ra радий 226,05	89 Ac актиний 227								

ЛАНТАНОИДЫ	58 Ce церий 140,13	59 Pr празеодим 140,92	60 Nd неодим 144,24	61 Pm прометий (147)	62 Sm самарий 150,43	63 Eu европий 152,0	64 Gd гадолиний 157,9
	70 Yb ytterbium 173,04	71 Lu лютеций 174,99	72 Hf hafnium 178,49	73 Ta tantalum 180,95	74 W wolfram 183,84	75 Re rhenium 186,21	76 Os osmium 190,2
АКТИНОИДЫ	90 Th торий 232,04	91 Pa протактиний 231	92 U уран 238,03	93 Np нептун 237	94 Pu плутон 239	95 Am амерций 241	96 Cm курций 244
	97 Bk берклий —	98 Cf калифорний —	99	100	101	102	103



Периодическая система элементов Д. И. Менделеева в ее современном виде.

Во всех атомах число электронов, окружающих ядро атома, равно порядковому номеру элемента. Все электроны определенным образом распределяются по отдельным слоям. Первый, ближайший к ядру слой К содержит у водорода 1 электрон, а у всех других элементов — 2 электрона. Второй слой L у большинства атомов содержит 8 электронов. Слой M может иметь до 18 электронов, слой N — до 32.



Химические свойства атомов определяются, главным образом, строением внешнего электронного слоя, который отличается особой устойчивостью, когда число электронов в нем достигает восьми. Атомы, имеющие во внешнем слое один или два электрона, легко их отдают, превращаясь при этом в ионы. Например, натрий, калий, рубидий имеют во внешней оболочке по одному электрону. Они легко их теряют и превращаются в одновалентные положительно заряженные ионы. При этом следующий электронный слой становится, таким образом, внешним слоем. Он содержит восемь электронов, что обеспечивает устойчивость иона-атома.

Атомы кальция, бария и других щелочноземельных металлов имеют по два внешних электрона, потеряв которые, они превращаются в устойчивые двухвалентные положительные ионы.

Атомы брома, хлора и других галоидов имеют во внешней оболочке по семи электронов. Они жадно захватывают электроны из внешних оболочек других атомов и, дополнив ими свою оболочку до восьми электронов, становятся устойчивыми отрицательными ионами.

У элементов, имеющих во внешней оболочке три, четыре и пять электронов, склонность к образованию ионов при химических реакциях выражена менее ярко.

Вес атома и частота его распространения в природе зависят от строения ядра. Химические же свойства элемента и его спектр зависят от числа электронов и оказываются чрезвычайно близкими у элементов, у которых сходно строение внешней электронной оболочки.

Такова тайна атома. Со времени ее открытия химики и физики, геохимики и астрономы, техники и технологи — все поняли, что один из глубочайших законов природы — это периодический закон Менделеева.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ
ЗАКОН ХИМИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ —
ВЕЛИКИЙ ЗАКОН
ПРИРОДЫ!

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА В НАШИ ДНИ



Много различных способов предлагалось исследователями, чтобы как-нибудь яснее и резче выявить характерные черты Менделеевской таблицы.

Посмотрите на прилагаемых рисунках, как изображали великий закон Менделеева в разное время: то в виде полос и колонок, то закрученной спиралью на плоскости, то в сложном переплете каких-то дуг и линий.

Мы еще вернемся к попытке изложить таблицу в форме грандиозной спирали, а сейчас мы дадим ее так, как дает современная наука.

Давайте разберемся несколько в этой таблице и попытаемся понять ее глубокий смысл (стр. 41).

Прежде всего мы видим большое количество клеток. Они расположены семью горизонтальными рядами и разбиты вертикальными линиями на восемнадцать полос, или, как их называют химики, групп. Впрочем, сейчас же отметим, что в большинстве учебников таблица дается несколько в ином виде (ряды как бы сдвоены, см. стр. 34), но нам удобнее ее рассматривать именно так.

В первом ряду находится всего 2 элемента: водород (H) и гелий (He); во втором и третьем — по 8 химических элементов; в четвертом, пятом и шестом рядах — по 18 клеток.

Клетки этих шести рядов должны были бы занимать 72 химических элемента, однако оказывается, что между клеткой № 57 и клеткой № 72 вставлено 14 элементов, сходных с лантаном, так называемых лантаноидов. Наконец, последний ряд содержит; видимо, как и предыдущий, 32 клетки, но из них пока заполнено лишь 12. Таким образом, имеем всего 98 заполненных мест.

Перед первой клеткой, занятой водородом, трудно себе представить возможность существования каких-либо химических элементов, так как нейтрон и заряженный протон водорода являются теми основными кирпичиками, из которых составлены другие атомы, и правильно водород стоит в начале всей Менделеевской таблицы. Гораздо сложнее вопрос с ее концом. Последнее место долго занимал металл уран.

Однако при некоторых опытах получены были заурановые элементы. Следовательно, уран не кончает Менделеевскую таблицу, а впра-

Diagram illustrating the periodic table of elements, showing various groups and periods. The elements are arranged in a grid-like structure with some elements highlighted in black. The diagram includes labels for groups (I A, VIA, IIA, VZA, IIIA, VA, IV, IIIB, VB, IIB, VIB, IB, VIIB, VIII) and periods (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII). A central label "РЕАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ" is present, and a curved arrow points to the "РЕАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ" group.

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева в изображении Содди (1914 год). Горизонтальные линии — ряды сходных по химическим свойствам элементов. Большие периоды — в виде восьмерок. В белых кружках — металлы, в черных — металлоиды. Серые кружки — нейтральные элементы (благородные газы и амфотерные окислы).

Во за ним оказываются занятыми еще шесть клеточек; эти новые элементы — нептун (№ 93), плутон (№ 94), америций (№ 95), кюрий (№ 96), берклий (№ 97) и калифорний (№ 98).

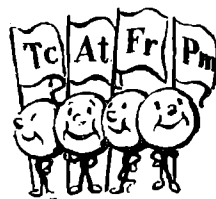
Как мы видим по цифрам вверху каждой клеточки, все клетки пронумерованы. Номера идут подряд от первого до 98-го. Они называются порядковыми номерами химических элементов, связаны с количеством электрических частиц, которые содержатся в элементах, и поэтому являются очень важным и неотъемлемым свойством каждой клеточки, каждого элемента.

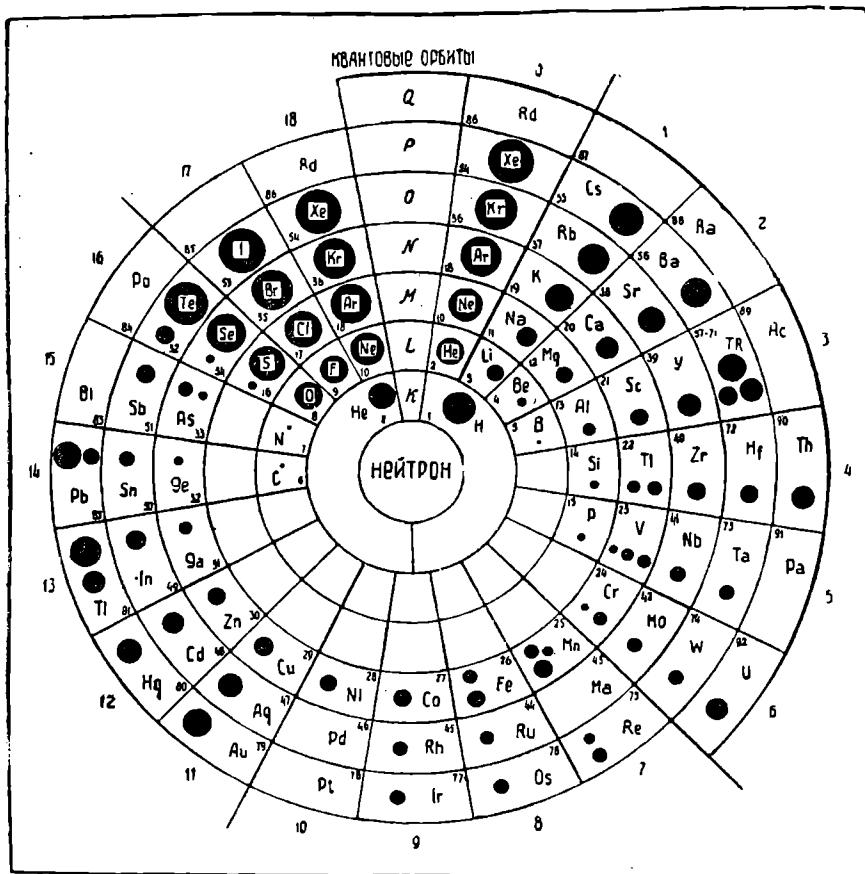
Например, число 30 в клетке, в которой стоит металл цинк с атомным весом в 65,38, обозначает, с одной стороны, порядковый номер клетки, с другой — говорит, что атом цинка состоит из ядрышка с вращающимися вокруг него тридцатью электрическими частицами, называемыми электронами.

Тщетно пытались химики отыскать в природе элементы № 43, № 61, № 85 и № 87, анализировали различные минералы и соли, пытались найти в спектрографе какие-либо еще не разгаданные линии. Много раз ошибались, печатали в журналах громкие статьи об открытии элементов, но всё же эти четыре элемента ни на земле, ни на небесных светилах не найдены. Их удалось теперь, однако, приготовить искусственно.

Один из них, номер 43, по своим свойствам должен походить на марганец. Он и был назван Д. И. Менделеевым экамарганцем.

В настоящее время этот элемент синтезирован и назван — технейй.





Периодическая система элементов Д. И. Менделеева в виде кругов — спиралей. Диаметры кружков изображают размеры атомов и ионов. (Составлена Ю. Билибиным в 1945 году.)

Второй расположен под иодом и обозначен номером 85. Его также предсказал Д. И. Менделеев и назвал — экаиод. Он тоже синтезирован и назван — аstat.

Третий такой же, долгое время бывший загадочным, элемент обозначен в нашей таблице номером 87, его предсказывал еще сам Д. И. Менделеев, называя — экацезий. Он синтезирован и получил имя — франций.

Наконец, четвертый элемент, которого не нашли ни на земле, ни на звездах, — это номер 61. Он является одним из металлов редких земель. Он синтезирован и обозначается именем — прометий.

Сейчас таблица элементов много полнее, чем в те времена, когда Д. И. Менделееву нало было разобраться в сложной картине природы и написать первый прсект таблицы.

Как мы уже говорили, каждая клетка под определенным номером занята одним химическим элементом. Однако физики показали, что

в действительности дело обстоит сложнее. Так, в клетке № 17, судя по химическим свойствам, имеется один только газ хлор с маленьким ядрышком и семнадцатью электронами, которые, подобно планетам, окружают его со всех сторон. А между тем физики указывают, что хлора два: один потяжелее, другой полегче. Но так как пропорция их везде одинакова, то и средний вес всегда равен 35,46.

А вот другой пример. Хорошо знакомая нам клетка № 30 занята цинком. Но и здесь физики показывают, что цинки есть разные, одни более тяжелые, другие более легкие, всего шесть разных сортов. Таким образом, оказывается, что хотя каждая клетка содержит один химический элемент с определенными природными свойствами, но сортов, или «изотопов», этого элемента бывает несколько. В иных случаях один, а в других — даже десять.

Конечно, это страшно заинтересовало геохимиков. Почему же все эти изотопы встречаются в строго определенных количествах, почему не бывает в одном месте больше тяжелого, а в другом легкого элемента? Химики принялись за энергичную работу по проверке этого факта. Они взяли для анализов соли разного происхождения: простую поваренную из моря, из разных озер, каменную соль, соль из Центральной Африки; выделили из каждого сорта соли газ хлор и неожиданно получили для атомного веса одинаковые числа. Взяли даже хлор из камней, падающих с неба, — и здесь состав хлора оказался совершенно таким же. А то, что мы называем атомным весом, не изменялось, откуда бы мы ни брали элемент.

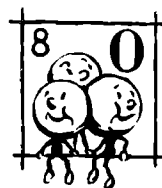
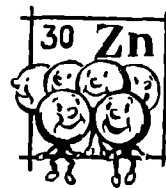
Но недолго продолжалось торжество химиков. Другие исследователи попытались в лаборатории разделить эти тяжелые и легкие изотопы атома. После сложной и долгой перегонки газа хлора удалось получить один газ, состоящий из более легких атомов хлора, а другой — из более тяжелых. Химически оба эти хлора совершенно одинаковы, а вот веса у них различные.

Это открытие изотопов каждого элемента усложнило всю Менделеевскую таблицу. Так это казалось раньше просто — 92 клетки, в каждой клетке по одному химическому элементу. Номер говорит о числе электронов вокруг ядра, всё так просто, ясно и определенно! И вдруг оказывается, что это не так!

Вместо одного кислорода — их целых ТРИ, и веса их равны точно 15, 16 и 18. Но самое замечательное, что и у водорода ТРИ сорта атомов — один с весом 1, второй — 2, а третий — 3. Последнего так мало в природе, что можно о нем забыть, а вот второй оказался необычайно интересным. Он получил даже особое название — дейтерий.

Химически это как будто простой водород, но по весу он вдвое тяжелее обычного. На больших заводах, которые разлагают воду при помощи электрического тока, удалось получить чистый дейтерий, а из него особую воду, в которой вместо легкого водорода — тяжелый. Тяжелая вода, оказалось, обладает особыми свойствами.

После такой удачи химиков в лаборатории эту же проблему поставили геохимики в природе. Ведь если в ретортах удалось разделить атомы водорода на разные сорта, то, наверное, это же делает и природа. Только в природе все химические процессы идут так беспокойно, так часто изменяется обстановка природных условий, расплавленных магм в глубинах или на земной поверхности, что вряд ли можно ожидать на-



копления чистых изотопов, которые удалось получить на фабриках и в институтах. И действительно, оказалось, что в воде морей и океанов немножко больше тяжелой воды, чем в реках и в дожде. Еще больше тяжелой воды содержится в некоторых минералах. Открылся целый новый мир, который раньше не был доступен минералогу и геохимику.

Различные в природе между этими соединениями настолько ничтожно, что нужны самые тонкие методы химического и физического анализа, чтобы суметь его найти.

Миллионные и даже тысячные доли грамма и сантиметра неуловимы для минералога и геохимика, когда он изучает камни, воды и земли окружающей нас природы. Мы можем даже забыть, что кислородов три, что цинков шесть, что калиев два, так ничтожны различия между ними и, откровенно скажем, так еще грубы наши методы исследования.

Только химики и физики при своих точных исследованиях научились разделять элементы на разные изотопы, и нет сомнения, что когда удастся точнейшим методом изучить всю нашу природу, то они откроют величайшие законы геохимии, о которых мы еще не догадываемся.

Мы с вами пока можем забыть об изотопах. Для нас в каждой клетке Менделеевской таблицы стоит один определенный неизменный химический элемент. В клетке № 50 находится для нас одно олово, всегда и всюду одинаковое, дающее всюду одинаковые химические реакции, встречающееся в природе в одинаковых кристаллах, и всюду его атомный вес будет 118,7.

Менделеевская таблица не пострадала от этого величайшего открытия изотопов, она только усложнилась в ее мельчайших деталях, а по существу осталась всё такой же ясной, простой и четкой картиной природы, как ее рисовал нам Менделеев, предвидя своим гениальным умом ее огромное значение.

Вникнем поглубже в эту таблицу и рассмотрим, какое же значение имеет она для исследователей природы — для минералогов и геохимиков.

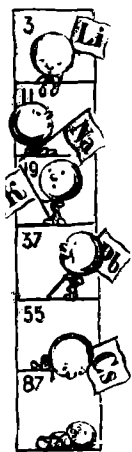
Сначала посмотрим на каждый столбец клеток сверху вниз.

Вот первый — литий, натрий, калий, рубидий, цезий и франций. Это всё металлы, мы их называем щелочными. В природе они встречаются вместе. Мы хорошо знаем их соединения: для натрия — простую соль, которую вы едите за столом, для калия — селитру, из которой делают фейерверки.

Дальше идут очень редкие щелочные металлы, которые сейчас применяются в сложных электрических приборах. Но как ни различны все эти элементы, все они в химическом отношении похожи друг на друга.

Вот второй вертикальный столбец — здесь идут щелочноземельные металлы, начиная с самого легкого, бериллия, и кончая знаменитым радием. И они походят друг на друга, образуя как бы одну семью.

Затем идет третий столбец — бор, алюминий, скандий, иттрий, потом клетка с пятнадцатью элементами редких земель и, наконец, актиний. В жизни нам хорошо известны только первые два элемента, которые играют в природе большую роль, — бор и алюминий. Первый входит составной частью в борную кислоту и в буру — ею пользуются при паянии. Второй — в нефелине, полевом шпате, корунде, бокситах, а в чистом виде — в металлических изделиях, кастрюлях и ложках. Эта группа довольно сложная. Алюминий еще, пожалуй, настоящий металл,



																1	2		
																H	He		
																1.008	4.003		
																7	8	9	10
																N	O	F	Ne
																14.008	16.000	19.00	20.183
																15	16	17	18
																P	S	Cl	Ar
																30.97	32.06	35.457	39.944
3	4	5	6	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Li	Be	B	C	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
6.940	9.02	10.82	12.010	50.95	52.01	54.93	55.85	58.94	58.69	63.57	65.38	69.72	72.60	74.91	78.96	79.916	83.7		
11	12	13	14	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Na	Mg	Al	Si	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
22.997	24.32	26.97	28.06	92.91	95.95	99	101.7	102.91	106.7	107.868	112.41	114.76	118.70	121.76	127.61	126.92	131.3		
19	20	21	22	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
K	Ca	Sc	Ti	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
39.096	40.08	45.10	47.90	180.88	183.92	186.31	190.2	193.1	195.23	197.2	200.61	204.39	207.21	209.00	(210)	211	222		
37	38	39	40	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59		
Rb	Sr	Y	Zr	Hf	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm		
85.48	87.63	88.92	91.22	178.6	138.91	140.12	140.91	144.24	144.91	150.37	151.96	157.25	158.93	162.50	164.93	167.26	168.93		
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
132.91	137.33	138.91	178.6	180.88	183.92	186.31	190.2	193.1	195.23	197.2	200.61	204.39	207.21	209.00	(210)	211	222		
87	88	89-103																	
Fr	Ra	Ac																	
223	226.05	227																	

ряд	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
ЛАНТАНОИДОВ	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	138.91	140.12	140.91	144.24	144.91	150.37	151.96	157.25	158.93	162.50	164.93	167.26	168.93	173.05	174.97		
ряд	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
АКТИНОИДОВ	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf							
	227	232.04	231	238.03	237	239	241	244	-	-							

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева, с указанием геохимической роли элементов. Клетки можно раскрасить цветными карандашами в условные цвета: розовый, зеленый, голубой и желтый, — в соответствии с расположением точек.

а бор скорее металлоид, так как образует с типичными металлами какие-то особые соли.

Переходим к четвертому столбцу — углерод, кремний, титан, цирконий и, наконец, гафний. Важнейшие химические элементы природы: углерод, образующий всю массу живой природы и входящий в состав всех известняков, и кремний, о котором вы прочтете особую главу.

Затем идут пятый, шестой и седьмой столбцы. Это всё особые металлы, которые очень высоко ценятся в металлургии железа и прибавляются к стали для улучшения ее свойств.

Дальше идет замечательная середина Менделеевской таблицы — восьмой, девятый и десятый столбцы. Самая любопытная особенность этой части таблицы заключается в том, что соседние металлы очень близки друг к другу. Железо, кобальт и никель очень похожи друг на друга и в природе постоянно встречаются вместе, очень трудно их разделить и при химическом анализе. Не менее похожи друг на друга легкие платиновые металлы — рутений, родий и палладий — и тяжелые платиновые металлы — осмий, иридий и платина.

За центром таблицы следуют четыре вертикальных столбца, занятые так называемыми тяжелыми металлами. Сюда относятся медь, цинк, олово, свинец — всё хорошо нам знакомые в жизни вещества.

Потом идет пятнадцатый столбец. Он начинается с газа азота, затем следуют летучий фосфор и мышьяк, полуметаллическая сурьма и, наконец, довольно типичный металл висмут. Этот столбец как бы намечает собой резкий переход к следующей части Менделеевской таблицы, ибо там мы уже не встречаем металлов с металлическим блеском и другими хорошо знакомыми нам свойствами. Там идут вещества, которые химики называли металлоидами: газы, жидкости или просто твердые неметаллы.

Очень характерен столбец шестнадцатый — кислород, сера, селен, теллур и еще загадочный полоний, дальше — семнадцатый столбец, летучих веществ, сначала газов — водорода, фтора и хлора, затем жидкости — брома и, наконец, твердых, но тоже летучих кристаллов иода. Эту группу элементов (кроме водорода) химики называли галогенами, ибо они образуют соли с щелочами. Об этом говорит и смысл греческого названия: «галогены» значит «солероды». Но вот и последний столбец, восемнадцатый. Это редкие, или благородные, газы. Они ни с чем не соединяются и пропитывают всю землю, все минералы, всё окружающее нас в природе. Они начинаются с газа солнца — легкого гелия — и кончаются замечательным газом радоном, атомы которого живут всего лишь несколько дней.



ТАБЛИЦА МЕНДЕЛЕЕВА В ГЕОХИМИИ

Как распределены химические элементы в земле и во всей окружающей нас природе? Вот вопрос, который был очень важен для человека с самых давних пор.

Он возникал стихийно, на каждом шагу, из потребностей повседневной жизни: первобытный человек нуждался в материале для орудий труда и охоты и стал изготавливать свои примитивные орудия из твердого кремня или такого же твердого, но более прочного нефрита. И понятно, что поиски полезных ископаемых зародились еще за много тысячелетий до нашего времени, когда первобытный человек стал обращать внимание на блестики золота в речных песках, на красоту или вес разных камней, привлечших его внимание. В поисках прочности была открыта ковкость и вязкость некоторых камней, и с тех пор металлы стали друзьями человека...

Так человек сначала узнал, а потом научился добывать и обрабатывать медь, олово, золото и, наконец, железо. Постепенно накапливались наблюдения и опыт. В древнем Египте уже были известны те районы, в которых надо искать медь и кобальтовые минералы для синей краски, а позднее и железные охры, глины для статуэток и бирюзу для священных жуков-скарабеев.

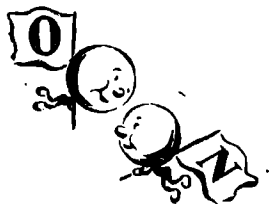
Мало-помалу начинали выясняться простые природные законы. Одни металлы, оказалось, встречаются часто друг с другом, как, например, олово, медь и цинк, что натолкнуло человека в свое время на открытие их сплава — бронзы. В других местах встречались вместе золото и драгоценные камни, в третьих — глина и полевые шпаты, из которых можно делать фарфор и фаянс.

Так постепенно открывались основные законы геохимии. И когда в средние века, в таинственной тиши своих лабораторий, алхимики пытались получить золото и философский камень, они продолжали огромную работу по накоплению природных фактов.

Алхимики уже хорошо знали, что некоторые металлы дружны и встречаются вместе: сверкающие кристаллы свинцового блеска в жилах земли сопровождаются блестящей цинковой обманкой, серебро следует за золотом, а медь часто встречается вместе с мышьяком.

Когда в Европе развилось горное дело, стали определяться и законы геохимии. В глубоких рудниках создавались основные начала науки геохимии, выяснялось, какие вещества встречаются в природе





вместе, в каких условиях, каковы те законы, которые заставляют накапливаться те или иные элементы в одних местах земли и рассеиваться в других.

Ведь это были самые острые вопросы горного дела. Нужно было уметь находить места, где скопились в большом количестве промышленно-важные металлы — железо, золото и т. п.

И вот сейчас мы знаем, что законы совместного нахождения элементов и их поведения очень определены и могут служить для поисков полезных ископаемых.

Мы это хорошо знаем даже в нашей повседневной жизни. Одни элементы природы встречаются преимущественно в атмосфере: это будут азот, кислород и редкие, благородные газы. Мы знаем, что в соляных озерах или в соляных копиях находятся вместе соли хлора, брома и йода, соединенные с металлами — калием, натрием, магнием и кальцием.

В гранитах, этих светлых кристаллических породах, остывших из расплавленных магм, встречаются свои определенные химические элементы. С ними связаны драгоценные камни, содержащие атомы бора, бериллия, лития и фтора. В них находятся также скопления важных и редких металлов: вольфрама, ниобия, тантала.

В противоположность гранитам, в тяжелых базальтовых породах, излившихся из земных глубин, встречаются вместе минералы хрома, никеля, меди, железа, платины. В сложно ветвящихся системах рудных жил, расходящихся из мощных очагов расплавленной магмы, поднимающейся к земной поверхности, рудоискатель черпает цинк и свинец, золото и серебро, мышьяк и ртуть.

И чем глубже развивается наша наука, тем резче и определеннее вырисовываются законы, смысл которых долго оставался непонятным.

А между тем посмотрим на Менделеевскую таблицу. Разве она не является для нас, искателей металлов и камней, таким же компасом, каким она служит для химиков?

Середину Менделеевской таблицы занимают девять металлов: железо, кобальт, никель и шесть металлов платиновой группы. Мы знаем, что их месторождения — в далеких глубинах земных недр. Только если высоко вздымавшиеся горные хребты в течение миллионов лет размыты почти до равнины, как у нас на Урале, только тогда эрозия обнажает эти глубинные зеленые породы, носители железа и платины. Вы видите, что эти элементы не только основа наших горных хребтов, но и как раз они занимают центральное место в Менделеевской таблице.

Обратимся к тем металлам, которые мы называем тяжелыми и которые составляют целое большое поле вправо от никеля и платины. Это — медь и цинк, серебро и золото, свинец и висмут, ртуть и мышьяк. Разве только что мы не говорили о том, что эти металлы встречаются всегда вместе? Рудокоп их ищет в тех рудных жилах, которые прорезают земную поверхность.

Теперь пойдемте налево от центра таблицы, — такое же поле намечается и в левой ее части. Это те хорошо нам знакомые металлы, которые образуют драгоценные камни, — и соединения металлов бериллия и лития; это те редкие и сверхредкие элементы, которые собираются в последних выжимках гранитных массивов, в мощных пегматитах гранитных тел.

Пойдемте еще дальше влево и вправо по нашей таблице. Не забудем при этом, что длинные ее ряды смыкаются вместе в общую спираль и что крайние левые и правые группы соприкасаются. Мы видим здесь хорошо нам знакомые элементы соляных месторождений: соляных озер, морей и океанов, мощных скоплений каменной соли. Это те элементы, которые образуют соли хлора, брома, иода, натрия, калия и кальция.

А вот посмотрите внимательнее на крайнюю правую верхнюю часть таблицы, — вы здесь найдете основные элементы воздуха атмосферы — азот, кислород, водород, гелий и другие благородные газы; в крайнем левом верхнем углу — литий, бериллий и бор. Разве вам не напоминают они летучие части гранитных массивов, где образуются красивые драгоценные камни, розовые и зеленые турмалины, яркозеленые изумруды и фиолетовые кунциты? Как видите, Менделеевская таблица сама подсказывает группы элементов, которые встречаются в природе, — она поистине служит компасом для поисков полезных металлов.

И, чтобы подтвердились на примере приведенные закономерности, вспомним главные полезные ископаемые Уральского хребта.

Уральский хребет рисуется перед нами как громадная Менделеевская таблица, положенная поперек простираний пород. Ось хребта и таблицы приходится на тяжелые зеленые породы платиновых месторождений. В соляном поясе знаменитого Соликамска и в районах Эмбы — ее крайние группы.

Разве это не чудесное подтверждение глубочайших и самых отвлеченных идей? Я думаю, вы сами уже догадались, что в Менделеевской таблице элементы расположены не случайно, они расположены по сходству своих свойств. И чем ближе элементы друг к другу, тем ближе они стоят и в Менделеевской таблице.

То же самое и в природе. Не случайно разбросаны значки различных полезных ископаемых на наших геологических картах. Не случайно встречаются вместе в природе осмий, иридий и платина или сурьма и мышьяк.

Те же законы сходства, химической близости атомов определяют поведение элементов в земных недрах. И великая Менделеевская таблица действительно является самым важным орудием, при помощи которого человек открывает богатства недр, отыскивает полезные металлы и создает с их помощью свое хозяйство и промышленность!

Перенесемся в далекое прошлое Урала. Из глубин поднимаются расплавленные глубинные тяжелые магмы; они состоят из темных, черных, зеленых пород, богатых магнием и железом. К ним примешиваются руды хрома, титана, кобальта, никеля; к ним присоединяются металлы платиновой группы: рутений, родий, палладий, осмий, иридий и платина.

Так начался первый этап истории Урала, та глубинная цепь дунитовых и змеевиковых пород, которые составляют центральный остов Уральского хребта, протягивающийся на север до островов Арктики и погребенный на юге под ковыльными степями Казахстана. На таблице Менделеева — это центральная часть.

В процессе разделения расплавов отделяются более легкие летучие вещества, и в сложной смене горных пород, из которых складывается современный Урал, в конце его вулканической деятельности кристаллизуются в глубинах светлые граниты. Это тот серый гранит, который так хорошо известен всем уральцам, особенно по восточному склону Урала.



Белыми жилами гранит пронизывает скопления чистого кварца, мощные пегматитовые жилы врезаются своими ветвями в его наружные участки, проникая и в боковые породы. В этих процессах накапливаются летучие элементы — бор, фтор, литий, бериллий, редкие земли — и образуются уральские самоцветы и руды редких металлов.

В периодической системе Менделеева — это левое поле таблицы.

Но в это же время и после него поднимались кверху горячие растворы. Они выносят с собой низкоплавкие, подвижные, легкорастворимые соединения цинка, свинца, меди, сурьмы, мышьяка, с ними увлекаются также золото и серебро.

Длинной цепью по восточному склону Урала тянутся эти рудные жилы, то образуя большие скопления линзы, то ветвящиеся жилы и кусты жил.

На таблице Менделеева — это правое поле рудных элементов.

Вот кончилась вулканическая деятельность, прекратились те скакания, которые подняли Уральские хребты, перемещая их гребни с востока на запад, открывая то тут, то там выход вулканическим породам и горячим водам жил.

Начался длительный период разрушения. В течение сотен миллионов лет разрушались Уральские горы, размывались горные породы. Всё, что труднорастворимо, оставалось на месте, остальное переходило в раствор, уносилось водами, переносилось в моря и озера. Омывавшее с запада Урал великое пермское море накапливало в себе эти вещества. Случилось так, что море стало высыхать, от него отделялись заливы, озера, лиманы, а соли садились на дно.

Так скопились соли натрия, калия, магния, хлора, брома, бора и рубидия.

На таблице Менделеева — это верхние и левые клетки.

А там, где были гордые вершины Урала, осталось лишь то, что не подчинилось химическому воздействию воды.

В тропическом климате мезозоя десятки миллионов лет росла кора из разрушенных горных пород. Железо, никель, хром и кобальт, собираясь в этой коре, образовали те богатые месторождения бурых железняков, которые положили начало промышленности никеля на Южном Урале.

В районах разрушения гранитов собирались кварцевые россыпи, в них накапливались золото, вольфрам, драгоценные камни, сохраняясь и собираясь в шлихах и песках.

Так постепенно умирал Урал, покрываясь почвенным покровом, и лишь по временам к нему подходили нахлынувшие с востока воды, размывая его уже заросшие холмы и снова отлагая по берегам марганцевые и железные руды.

Менделеевская таблица оказалась скрытой под тайгой полярного Урала, под ковыльными степями Казахстана. Нужен был приход нового, советского человека, новой, передовой техники, для того чтобы снять древнюю кору с великого Уральского хребта, чтобы, шаг за шагом открывая отдельные клетки Менделеевской таблицы, всю ее, во всем величии грандиозных горных цепей, раскрыть и сделать доступной для нашей промышленности, для победы коммунизма!



АТОМ РАЗРУШАЕТСЯ. УРАН И РАДИЙ

Как мы видели из предыдущих глав, в основе учения о геохимии лежит атом, что значит буквально «неделимый» (на греческом языке). Из сочетания девяноста двух видов атомов, отвечающих девяноста двум различным элементам, и построена вся окружающая нас природа.

Что же представляет собой эта мельчайшая «неделимая» частица вещества, действительно ли она «неделима», действительно ли девяносто два вида атомов существуют независимо друг от друга и не проявляют единства строения?

Понятие атома как материально неделимого шарика легло в основу химии и физики. «Неделимый» атом вполне объяснял физические и химические свойства вещества, и поэтому физики и химики, хотя и подозревали о сложном строении атома, не особенно стремились раскрыть его.

И только когда знаменитый французский физик Анри Беккерель в 1896 году обнаружил неизвестное до того явление испускания ураном каких-то невидимых лучей, а супруги Кюри обнаружили новый элемент — радий, у которого это явление было выражено неизмеримо ярче, стало ясно, что атом имеет весьма сложную структуру. Сейчас, после блестящих работ Марии Кюри-Склодовской, супругов Жолио-Кюри, Резерфорда, Рождественского, Бора и других, картина строения атома выяснилась достаточно детально. Мы знаем не только, из каких про-



Мария Кюри-Склодовская в своей лаборатории в Париже.



стейших частей состоит атом, но и знаем их размеры, вес, взаимное расположение и силы, которые их связывают.

Атом каждого химического элемента, несмотря на свои ничтожные размеры (поперечник его равен одной стомиллионной части сантиметра), представляет собою весьма сложное образование, построенное наподобие нашей солнечной системы.

Атом состоит из материального ядра (поперечник его в сто тысяч раз меньше, чем поперечник атома, и равен примерно одной биллионной части сантиметра), в котором сосредоточена практически вся масса атома.

Ядро атома несет положительный электрический заряд. Количество положительных частиц в ядре возрастает по мере перехода от атомов легких химических элементов к тяжелым и численно равно порядковому номеру клетки периодической таблицы, которую занимает элемент.

Вокруг ядра на различных расстояниях вращаются электроны. Число электронов равно числу положительных зарядов ядра, так что атом в целом есть образование электрически нейтральное.

Ядра атомов всех химических элементов построены из двух простейших частиц — протона, или ядра атома водорода, и нейтрона. Протон имеет массу, почти равную массе атома водорода, и несет один положительный заряд. Нейтрон — материальная частица, имеющая такую же массу, как протон, но лишенная какого-либо электрического заряда.

Протоны и нейтроны в ядрах атомов сцеплены настолько прочно, что при всех химических реакциях ядра атомов совершенно устойчивы и остаются неизменными.

Если мы будем в периодической системе Д. И. Менделеева постепенно переходить от более легких химических элементов к тяжелым, то увидим, что ядра атомов легких элементов состоят из приблизительно равного числа протонов и нейтронов (это нетрудно видеть из того, что атомный вес элементов в начале периодической таблицы численно равен или близок к удвоенному порядковому номеру элемента).

При переходе к более тяжелым химическим элементам число нейтронов в ядрах атомов начинает преобладать над числом протонов в них. Наконец избыток нейтронов над протонами делается значительным, и ядра атомов становятся неустойчивыми. Начиная с 81-го порядкового номера, наряду с устойчивыми разновидностями атомов химических элементов появляются и неустойчивые. Ядра атомов неустойчивых элементов самопроизвольно разрушаются, с выделением больших количеств энергии, и переходят в ядра атомов других химических элементов.

Начиная с порядкового номера 86, все ядра атомов химических элементов являются образованиями неустойчивыми и соответствующие элементы — радиоактивными.

Радиоактивность — это свойство атомов самопроизвольно разлагаться, превращаясь в атомы других элементов, с выделением больших количеств энергии в форме различного рода излучений. Последние удалось разбить на три группы. Первая — альфа-лучи (α -лучи), или поток быстро несущихся материальных частиц, обладающих двойным положительным электрическим зарядом; каждая альфа-частица обладает массой в четыре раза большей массы атома водорода и представляет собой



ядро атома элемента гелия, как это было показано анализом накопившихся газов.

Вторая — бета-лучи (β -лучи), или поток электронов, несущихся с огромными скоростями. Каждый электрон несет один отрицательный, наименьший из существующих, электрический заряд и обладает массой в 1 840 раз меньшей, чем атом водорода.

Третью группу лучей образуют гамма-лучи (γ -лучи), представляющие собою излучение, подобное рентгеновским лучам, но с еще более короткой длиной волны, благодаря чему по своему действию оно напоминает поток частиц.

Если мы поместим в небольшую стеклянную трубочку около грамма соли радия, запаяем эту трубочку и будем за ней наблюдать, то мы сможем обнаружить все основные явления, сопровождающие радиоактивный распад.

Прежде всего, если использовать прибор, с помощью которого можно измерять небольшие разности температуры, мы без труда обнаружим, что температура трубочки с солью радия немного выше температуры окружающей среды.

Получается такое впечатление, как будто внутри соли радия спрятан исправно действующий нагревательный прибор. На основании этого наблюдения можно сделать важное заключение, что при радиоактивном распаде или при процессе разрушения атомных ядер происходит непрерывное выделение больших количеств тепла. Опыт показывает, что 1 грамм радия, «распадаясь», выделяет в 1 час 140 малых калорий тепла или, при полном своем превращении до свинца (на что требуется около двадцати тысяч лет), выделит 2,9 миллиона больших калорий тепла, то есть столько, сколько получается при сжигании полутонны каменного угля.

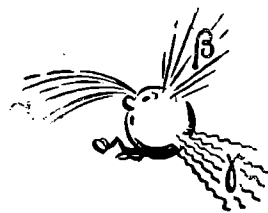
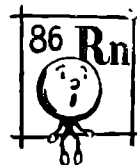
Оставим трубку с радием лежать и будем с помощью маленького насоса откачивать заключающийся в ней воздух, переводя его осторожно в другую трубку, из которой предварительно был выкачан воздух. Трубку запаяем. Окажется, что в темноте она светится зеленовато-голубоватым светом точно так же, как светится сама трубка с солью радия.

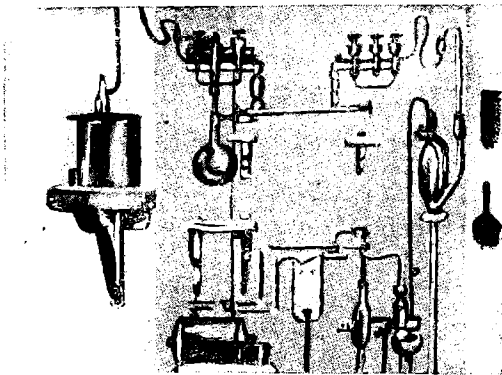
Эта вторичная радиоактивность обусловлена появлением нового радиоактивного вещества, родившегося из радия. Вещество это — газ. Он получил название — радон (Rn).

Количество радона в трубке возрастает в течение сорока дней, после чего остается постоянным, так как скорость распада радона становится равной скорости его появления. Радиоактивность можно обнаружить, поднося трубки к заряженному электроскопу. Радиоактивные излучения ионизируют воздух, делают его проводником электричества, и электроскоп разряжается.

Если мы будем день за днем следить за тем, каково действие трубки с радоном на заряженный электроскоп, то без труда обнаружим, что с течением времени действие это ослабевает. Через 3,8 суток сила действия упадет наполовину, а по прошествии 40 дней трубка при приближении ее к заряженному электроскопу никакого действия на него оказывать не будет.

Зато если мы пропустим через такую вылежавшуюся трубку электрический разряд и будем наблюдать вызванное этим разрядом свечение газа в спектроскоп, то обнаружим появление спектра нового газа,





Прибор для изучения продуктов распада радия.

которого ранее в трубке не было. Новый появившийся в трубке газ — гелий. Наконец, если мы после многих лет хранения в стеклянной трубке соли радия тщательно удалим ее из трубки и затем с помощью чувствительных приемов анализа испытаем поверхность внутренних стенок трубки на присутствие посторонних химических элементов, мы сможем обнаружить, что в пустой трубке присутствует в ничтожных количествах металл свинец.

Из одного грамма металлического радия в год путем распада его атомов образуется

$4,00 \cdot 10^{-4}$ граммов свинца с массой атома, равной 206, и 172 кубических миллиметра газообразного гелия.

Итак, в результате радиоактивного распада радия получаются один за другим новые радиоактивные элементы, пока, наконец, не образуется нерадиоактивный свинец. На этом дальнейшее превращение прекращается. Сам же радий, в свою очередь, является лишь промежуточным звеном в длинной цепи продуктов превращения урана.

Ряд элементов, получающихся в результате распада радиоактивных элементов, носит название радиоактивного ряда.

Все ядра каждого радиоактивного элемента являются неустойчивыми и обладают одинаковой вероятностью распадаться в заданный промежуток времени. Таким образом, достаточно большой образец радиоактивного вещества, содержащий многие миллионы атомов, всегда распадается с одной и той же постоянной скоростью, независимо от каких бы то ни было химических и физических воздействий.

Были испробованы температуры — от температуры жидкого гелия, близкой к абсолютному нулю, до температур в несколько тысяч градусов, давления в несколько тысяч атмосфер и электрические разряды высокого напряжения.

Скорость, с какой радиоактивное вещество распадается или превращается, обыкновенно выражается через период полураспада T , или время, необходимое для того, чтобы половина всех первоначально присутствующих атомов вещества успела распасться. Эта величина, очевидно, характерна и постоянна для каждой разновидности неустойчивых атомов, то есть для каждого данного радиоактивного элемента.

Периоды полураспада радиоактивных элементов лежат в очень широком интервале — от долей секунды для наиболее неустойчивых атомных ядер до миллиардов лет для слегка неустойчивых, к которым относятся, например, уран и торий. Часто дочернее ядро, подобно своему радиоактивному родителю, само является неустойчивым радиоактивным и распадается, пока, наконец, через несколько последовательных поколений ядер не образуется устойчивое ядро.





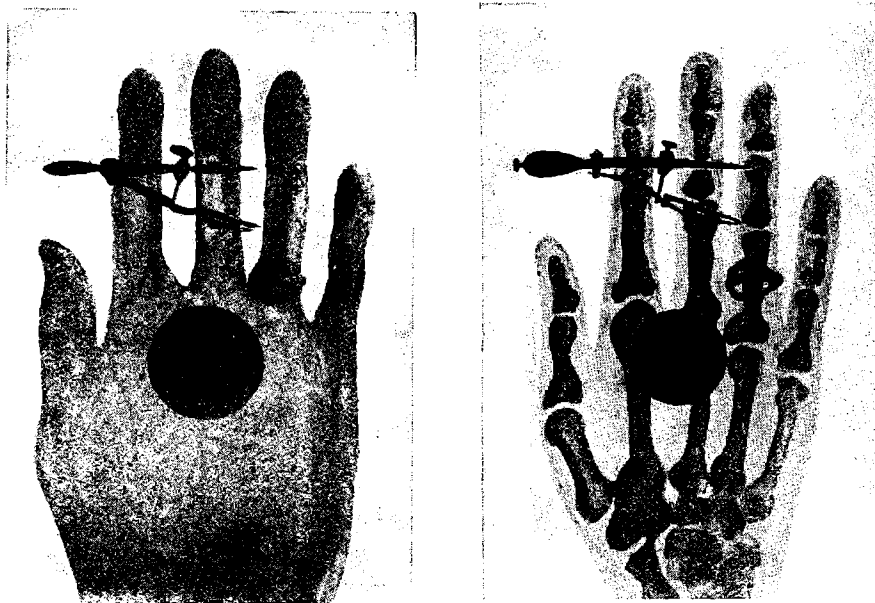
В настоящее время известны три таких радиоактивных ряда, или семейства: ряд урана-радия, начинающийся с изотопа урана с массой атома 238, ряд урана-актиния, начинающийся с другого изотопа урана с массой 235, и ряд тория. Конечными устойчивыми и далее не разрушающимися продуктами каждого из этих рядов, образующимися после десяти-двенадцати последовательных превращений, являются ядра атомов изотопов свинца, соответственно с массами 206, 207, 208. Кроме свинца, устойчивыми продуктами превращений в каждом из указанных выше радиоактивных рядов являются лишившиеся своей кинетической энергии и заряда альфа-частицы, ставшие атомами гелия.

При непрерывно протекающем на земле радиоактивном распаде атомов урана, тория и радия происходит постоянное выделение тепла.

Если подсчитать количество тепла всех указанных элементов, выделяемое при распаде, то окажется, что, сами того не подозревая, мы давно уже пользуемся этим теплом, так как за его счет наш земной шар заметно подогревается.

Точно так же оказывается, что добываемый для наполнения дирижаблей и аэростатов газ гелий образуется за счет радиоактивного распада содержащихся в земле атомов урана, тория и радия. Подсчитано, что таким путем в земле за время ее существования образовались огромные количества газа гелия, исчисляемые многими сотнями миллионов кубических метров.

Непрерывно протекающий распад содержащихся в земле атомов урана, тория и радия интересен для нас не только как источник постоянного тепла и как источник образования промышленных запасов хими-



Два снимка руки человека: налево — в лучах радия, направо — при помощи рентгеновских лучей. Металлы непрозрачны.

ческих элементов, но и как естественный часовой механизм, хронометр, по которому мы можем отсчитывать время, протекшее с момента образования на земле тех или других горных пород и, наконец, самой земли как твердого тела.

Каким же образом атомы урана, тория и радия и их распад могут быть использованы как часы для определения геологического времени? А вот каким. Мы с вами видим, что скорость, с какой происходит распад радиоактивных атомов, не зависит от химических и физических воздействий и остается всё время строго постоянной. С другой стороны, при радиоактивном распаде образуются устойчивые и далее не изменяющиеся атомы элементов гелия и свинца, количество которых с течением времени будет всё более и более накапливаться.



Зная, какое количество гелия и свинца образуется за счет радиоактивного распада атомов из одного грамма урана или тория в течение одного года, и определив, сколько урана и тория содержится в каком-нибудь минерале и сколько в том же минерале содержится гелия и свинца, из отношения гелия к урану и торию, с одной стороны, и из отношения свинца к урану и торию — с другой, мы получим время в годах, которое прошло с момента образования этого минерала.

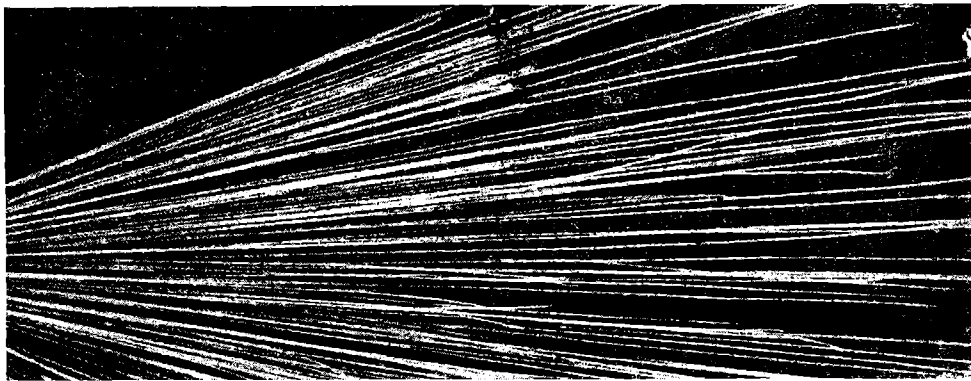
Действительно, в момент своего образования минерал содержал в своем составе только атомы урана и тория, никаких атомов гелия и свинца в нем не было; затем за счет распада атомов урана и тория в минерале стали появляться и постепенно накапливаться атомы гелия и свинца.

Такой, содержащий атомы урана и тория, минерал можно уподобить песочным часам, действие которых вы все, наверное, видели. Напомню вам, как устроены такие часы. Они состоят из двух сообщающихся друг с другом сосудов, в одном из них насыпано определенное количество песка. В момент, когда часы пускают, их закрепляют и дают песку под действием силы тяжести медленно высыпаться из верхнего сосуда в нижний.

Обыкновенно насыпается такое количество песка, чтобы оно нацело пересыпалось в нижний сосуд в заданный промежуток времени — 10 минут, 15 минут. Песочными часами в жизни пользуются для отсчетов постоянных промежутков времени. Однако ими можно было бы пользоваться и для отсчетов любых промежутков времени. Для этого пришлось бы или взвесить количество песка, или разметить сосуды на равные по объему части и измерять объемы насыпающегося песка. Так как песок под действием тяжести высыпается с определенной скоростью, то можно определить, сколько песка по объему или по весу высыпается из верхнего сосуда в нижний в течение одной минуты, и по объему высыпавшегося песка судить, сколько минут прошло с момента, когда мы пустили часы.

Нечто подобное происходит с минералом, содержащим атомы урана и тория. Он уподобляется верхнему сосуду, содержащему определенное количество песка, только роли отдельных песчинок выполняют атомы урана и тория. Они тоже с определенной скоростью превращаются в атомы гелия и свинца, и, как в случае с песочными часами, атомы распада накапливаются в прямой зависимости от протекшего до настоящих дней времени существования радиоактивного минерала.





Разрушение ядер азота под действием альфа-частиц. Выделяются протоны с длинным пробегом.

Количество оставшегося урана определяем прямым анализом, количество распавшихся атомов урана и тория мы вычисляем по количеству образовавшихся из них гелия и свинца. Эти данные позволяют найти отношение урана к количеству образовавшихся свинца и гелия, а следовательно, вычислить время, в течение которого продолжался распад. Таким путем ученым удалось определить, что на земле встречаются минералы, с момента образования которых прошло почти два миллиарда лет. Таким образом, теперь мы знаем, что земля наша очень старая старушка, и ей, во всяком случае, значительно больше двух миллиардов лет от роду.

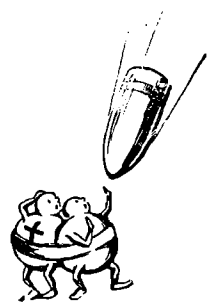
В заключение этой главы мне хотелось бы рассказать вам еще об одном явлении, которое открыто совсем недавно и которому суждено, наверное, сыграть большую роль в жизни людей.

Мы с вами видели, что ядра атомов тяжелых химических элементов, начиная с 81-го порядкового номера в периодической системе Д. И. Менделеева, наряду с устойчивыми разновидностями содержат и неустойчивые, или обладающие свойством радиоактивности. При этом оказывается, что ядро атома делается неустойчивым, если в нем сильно нарушается некоторое определенное соотношение между протонами и нейтронами. При большом избытке тех или других в ядре, оно делается неустойчивым.

Как только ученые подметили это свойство ядер химических элементов, так вскоре же они нашли средство искусственно менять соотношение между протонами и нейтронами в ядрах химических элементов и, таким образом, по своему желанию превращать устойчивые разновидности ядер атомов в неустойчивые, делать химические элементы искусственно-радиоактивными. Как это можно сделать?

Для этого нужно найти какой-нибудь снаряд, размер которого не превосходил бы размер ядра атома, сообщить ему очень большую энергию и попасть им в ядро атома.

Таковыми снарядами атомных размеров с очень большой энергией являются альфа-частицы, испускаемые радиоактивными веществами. Ими прежде всего и воспользовались ученые для того, чтобы искусствен-





но разрушать ядро атома. Впервые это удалось сделать известному английскому физiku Эрнесту Резерфорду, который, действуя в 1919 году альфа-лучами на ядра атомов азота, обнаружил, что при этом из них вылетают протоны.

Пятнадцать лет спустя, в 1934 году, молодая чета французских ученых Ирэн Кюри-Жолио и Фредерик Жолио, действуя альфа-частицами элемента полония на алюминий, обнаружили, что алюминий под действием альфа-лучей не только испускает лучи, в состав которых входят нейтроны, но и по окончании облучения альфа-частицами сохраняет в течение некоторого времени радиоактивные свойства, испуская бета-лучи.

Путем химического анализа супруги Жолио-Кюри установили, что искусственно-радиоактивным при этом является не сам алюминий, а атомы фосфора, образовавшиеся из атомов алюминия под действием альфа-частиц.

Таким образом были получены первые искусственно-радиоактивные элементы и была открыта искусственная радиоактивность.

А вскоре, испробовав разные приемы для получения искусственно-радиоактивных элементов, стали действовать на ядра химических элементов вместо альфа-частиц нейтронами, гораздо легче проникающими в ядра атомов, чем альфа-частицы, которые заряжены положительно и потому при приближении к атому отталкиваются ядром.

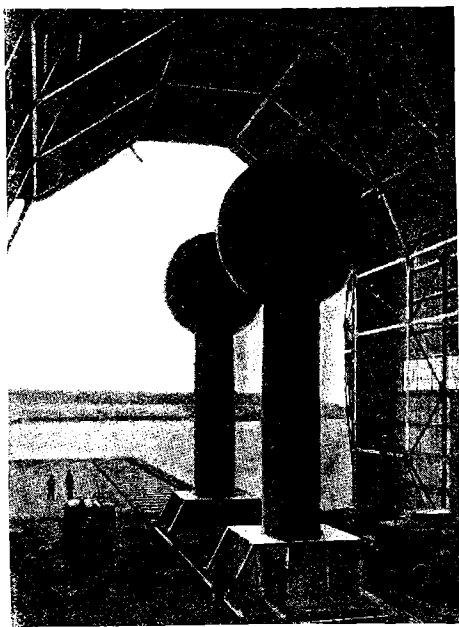
Эти силы отталкивания у ядер атомов тяжелых химических элементов настолько велики, что энергии альфа-частиц не хватает для

того, чтобы их преодолеть, и альфа-частица до ядра атома добраться не может. Нейтроны же, как частицы, не несущие никакого электрического заряда, ядрами не отталкиваются и легко в них проникают.

Действительно, путем воздействия нейтронов удалось получить искусственно-радиоактивные неустойчивые разновидности ядер атомов для всех химических элементов.

При этом в 1939 году было обнаружено, что при воздействии нейтронами малой энергии на самый тяжелый химический элемент — уран — ядра атомов урана претерпевают новый, ранее не известный тип распада, при котором ядро атома делится на две приблизительно равные половинки. Эти половинки сами являются неустойчивыми разновидностями ядер атомов известных нам химических элементов, находящихся в середине таблицы Д. И. Менделеева.

Год спустя, в 1940 году, молодые советские физики К. А. Петряков



Электростатический генератор Ван-де-Граафа.

и Г. Н. Флеров открыли, что такой новый тип распада, или новый вид радиоактивности урана происходит и в природе, только он случается еще гораздо реже, чем обычный радиоактивный распад урана.

Если путем обыкновенного радиоактивного распада половина всех наличных атомов урана распадается через четыре с половиной миллиарда лет, то путем деления атомов пополам период полураспада равен 44 тысячам миллиардов лет, и, следовательно, этот второй тип распада случается в десять миллионов раз реже, но зато он сопровождается гораздо большим выделением энергии, чем обычный радиоактивный распад.

При новом типе радиоактивности урана, как показали в 1946 году ученые, тоже происходит образование некоторых устойчивых ядер элементов, постоянно накапливающихся в природе, наряду с образованием неустойчивых и далее распадающихся ядер.

Так, если при обычном радиоактивном распаде происходит образование и постепенное накопление атомов гелия, то при новом типе радиоактивности урана происходит образование и постепенное накопление атомов ксенона или криптона.

Путем бомбардировки изотопа урана 238 удалось получить ряд новых заурановых элементов — нептун с атомным числом 93, плутон — 94, америций — 95, кюрий — 96, которые нашли свое место в таблице Менделеева.

Но самое интересное то, что этим новым типом распада атомов оказалось возможным управлять и ускорять или замедлять его по нашему желанию. Если очень ускорить этот процесс и заставить мгновенно распадаться таким образом атомы, заключающиеся в 1 килограмме металла урана, то при этом выделится такое огромное количество энергии и тепла, какое выделяется при сгорании 2 000 тонн угля, и произойдет взрыв колоссальной силы.

После взрыва сами осколки ищут новых форм равновесия, пока не выделят избыточную энергию и не перейдут в более устойчивые, медленно разлагающиеся атомы разных металлов.

Замечательно в этом открытии то, что человеческая техника не только вызывает эти бурные реакции, освобождающие чудовищную энергию, но и может на них воздействовать, задерживать или ускорять, заменять бурные взрывы более медленным и более спокойным выделением могучей энергии в течение целых тысячелетий.

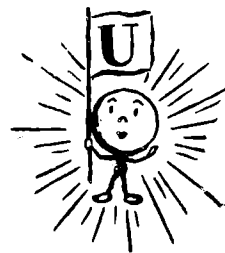
И та блестящая мысль о внутриатомной энергии, которая еще только зарождалась в конце девятых годов в уме Пьера Кюри, открывшего вместе со своей женой радий, мысль, которую решались высказывать на пороге нового столетия лишь немногие ученые, сейчас становится реальностью наших дней.



УРАН 235



Разрушение атома урана медленным нейтроном.



Когда ученые в 1903 году рисовали картину счастливого будущего человечества, обладающего бесконечными запасами нужной для его жизни энергии, тогда эта идея казалась только красивой фантазией и не находила своего подтверждения ни в реальных фактах природы, ни в завоеваниях тогдашней техники. А вот сейчас эта мечта превращается в реальность.

Не удивительно, что металл уран сделался за последние годы объектом исключительного внимания во всех странах. Раньше это был просто отброс радиевого производства. Радиевые фирмы в Бельгии, Чехословакии, Канаде и Америке искали применения для этого металла после его выделения на больших радиевых заводах. Но настоящего применения не находилось, цены на него были низкие, и он шел за бесценок на окраску фарфора, кафелей и для получения дешевых зеленых стекол.

Но положение изменилось за последние годы: уран стал объектом исключительного внимания в ряде стран, но при этом не радий, а сам металл уран сделался объектом поисков и разведок.

Пусть требуется еще много трудов и усилий для овладения этой проблемой, пусть даже эта энергия будет вначале дороже, чем энергия, получаемая в паровых котлах, но зато какие грандиозные возможности использования этих практически вечных двигателей открываются перед человечеством!

В руках человечества оказывается новый вид энергии, более могучий, чем всё, что люди знали до сих пор.

Сейчас ученые всего мира напряженно работают, чтобы возможно скорее овладеть этой новой могучей силой.

К сожалению, уродливый строй капиталистического мира стремится использовать эту энергию в первую очередь для разрушения. Но уже выросли силы, которые способны помешать планам кучки империалистов и направить эту новую силу на благо всего трудового человечества. В Советском Союзе атомная энергия уже употребляется для нужд строительства послевоенных пятилеток. Мы можем гордиться тем, что наша Родина возглавляет дело завоевания нового вида энергии для блага и счастья всего человечества.

Когда настанет время и атомная энергия сделается обыденной, мы будем иметь электростанции, помещающиеся в чемодане, моторы мощностью в несколько лошадиных сил и размером не больше карманных часов, ракетные двигатели с запасом энергии на несколько лет, самолеты, могущие летать по воздуху месяцами без посадки.

Наступает век подчинения атомной энергии, век невиданного могущества человека.

И в свете новых идей о строении атома — периодический закон Д. И. Менделеева не потерял своего значения.

Более того, для познания внутриатомных явлений он послужит такой же путеводной звездой, как и для познания химических связей между атомами. Изучение строения атома показало, что Менделеевский закон является не только одним из законов химии, но и одним из величайших законов природы.



АТОМ И ВРЕМЯ

Трудно себе представить более простое и вместе с тем более сложное понятие, чем время. Старая финская пословица говорит, что «ничего нет в мире замечательнее, сложнее и непобедимее времени». А один из величайших философов древнего мира, Аристотель, писал за четыре столетия до нашей эры, что среди неизвестного самым неизвестным в окружающей нас природе является время, так как никто не знает, что такое время и как им управлять.

Уже на ранних ступенях культуры человека занимала мысль о начале времени, о конце мира, о том, когда создавалась окружающая нас природа, каков возраст земли, планет и звезд и как долго будет светить на небе солнце.

По древним персидским сказаниям, мир существует всего лишь двенадцать тысяч лет.

Астрологи Вавилона, гадавшие по небесным светилам, находили, что мир очень стар, что ему больше двух миллионов лет. А библия считала, что прошло всего шесть тысяч лет с того момента, когда, по воле бога, в шесть дней и шесть ночей был создан мир.

Проблемой времени в течение многих тысячелетий продолжали заниматься величайшие умы, и на смену древним сказаниям и фантазиям астрологов постепенно стали приходить точные методы определения возраста нашей земли.

Первым сделал попытку вычислить возраст земли астроном Галлей в 1715 году, а затем лорд Кельвин, который в 1862 году вычислил возраст земли, исходя из теории ее охлаждения, и получил цифру, казавшуюся тогда грандиозной, — сорок миллионов лет.

Потом на смену пришли геологические методы. В Швейцарии, Англии, Швеции, России и Америке геологи стали подсчитывать, сколько же времени потребовалось нашей земле, чтобы образовать грандиозные толщи осадочных пород, мощность которых в сумме свыше ста километров.

Оказалось, что реки каждый год выносят не менее десяти миллионов тонн вещества, смывая его с континентов, так что наши материки теряют каждые 25 тысяч лет слой земли толщиной в среднем один метр. Так постепенно, изучая деятельность воды и ледников, осадки на земле и в океанах и полосатые ледниковые глины, геологи пришли к выводу, что история земной коры не может уложиться в сорок мил-



лиопов лет. Английский геофизик Джоли в 1899 году вычислил возраст нашей земли. По его данным, земля существует триста миллионов лет.

Но эти результаты не нравились ни физикам, ни химикам, ни самим геологам.

Разрушение материков шло далеко не так правильно, как думал Джоли. Периоды осадков сменялись бурными взрывами вулканов, землетрясениями, поднятием горных хребтов. Уже накопившиеся осадки расплавились и размывались.

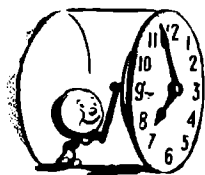
Подсчет Джоли не удовлетворял точных исследователей, которые хотели найти настоящие часы для определения возраста земной коры.

И вот на смену геологам пришли химики и физики. Ими, наконец, найдены были часы — часы постоянные, вечные, они не созданы мастером, не имеют пружин, которые приводили бы их в движение; их не нужно заводить. Этими часами оказался разрушающийся атом радиоактивных элементов.

Мы уже видели в предыдущем очерке, что весь мир наполнен разрушающимися атомами, что в этом незаметном, но великом процессе распадаются атомы урана и тория, радия и полония, актиния и многих десятков других элементов. Это разрушение идет с постоянной скоростью и не может быть ускорено или замедлено ни жаром в тысячи градусов, который известен в вольтовой дуге, ни самыми низкими температурами, предельно близкими к абсолютному нулю, ни огромными давлениями. Никакие обычные средства не могут изменить этот строгий, неизменный процесс распада некоторых атомов, идущий в природе.

Правда, современная техника сумела найти могучие средства в виде электромагнитных вихрей в циклотроне, при помощи которых удается разрушать и созидать атомы. Но в природе этих условий нет и неизменная скорость распада тяжелых элементов сохраняется миллионы и миллиарды лет.

Всегда и всюду, во всем окружающем нас мироздании распадаются атомы урана, радия, тория и одновременно образуются определенные количества атомов газа гелия и устойчивых, безжизненных атомов свинца. Эти два элемента природы — гелий и свинец — создали новые часы. И вот впервые в истории человечества время удалось измерить настоящим мировым стандартом вечного характера!



Какая поразительная и вместе с тем трудно понятная картина! Несколько сотен различных атомов наполняют мироздание своими сложными электромагнитными системами. Излучая энергию, они скачками видоизменяются, переходя из одного вида атома в другой: одни из создающихся вновь систем жизненны и упорно сохраняются, — очевидно, для нас не доступна огромная длина периодов их превращения; другие существуют тысячи миллионов лет, медленно излучая энергию, проходя через сложные ряды распада; третьи живут годами, днями, часами; жизнь четвертых измеряется секундами и долями секунды...

Подчиняясь законам преобразования атомных систем, элементы наполняют природу, но время регулирует законы их количественного распространения, время распределяет их по мирозданию, создавая сложность миров нашей земли и космическую жизнь вселенной.

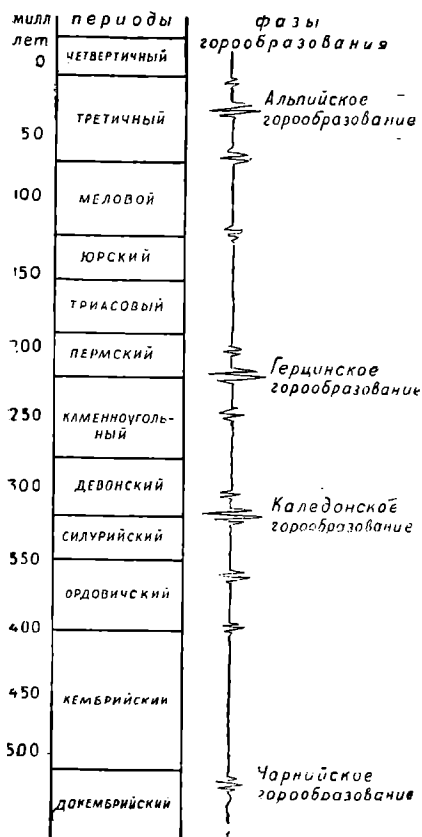
Медленно, вековечно текут процессы мироздания; умирают быстро разлагающиеся тяжелые атомы, под действием альфа-лучей распадаются другие, создаются третьи, более устойчивые кирпичи мироздания,

накапливаются постепенно конечные продукты распада — нерадиоактивные элементы.

Уже на солнце установлено преобладание элементов, устойчивых против альфа-лучей; земная поверхность на 90% состоит из элементов с четным числом электронов или кратным четырем, то есть именно тех, которые наиболее устойчивы против разрушительной деятельности гамма-лучей и космических лучей.

Самые устойчивые из них, просто и плотно построенные, составляют наш неорганический мир; менее устойчивые (как калий и рубидий) участвуют в жизненных процессах, своим распадом помогая организмам бороться за жизнь. Быстро распадающиеся (радон, радий) эту жизнь губят, разрушая себя. В одних звездных системах только развивается процесс распада — это довольно зрелая система нашего солнца, в других — в звездных туманностях — он только начинается, в третьих — в темных угасших телах — уже бесконечно медленно идут затухающие процессы распада. Вре́мя определяет состав природы и сочетания элементов в течение космической истории.

ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ



Физики и химики подсчитали, что 1 000 граммов металла урана через 100 миллионов лет дадут 13 граммов свинца и 2 грамма гелия.

Через 2 000 миллионов, или 2 миллиарда, лет количество свинца уже будет 225 граммов, то есть четверть всего урана перейдет в свинец. А атомов летучего гелия накопится уже 35 граммов. Но процесс продолжается, и через 4 000 миллионов, или 4 миллиарда, лет свинца накопится почти 400 граммов, количество гелия достигнет 60 граммов, а первичного урана останется только половина — 500 граммов.

Продолжим эти рассуждения: возьмем не 4 миллиарда лет, а сотню миллиардов лет, — тогда почти весь уран распадется и превратится в свинец и гелий. Урана на земле почти совсем не останется, а вместо него в природе будут рассеяны всюду тяжелые атомы свинца, и атмосфера обогатится запасом газа солнца — гелия.

И вот, на основе этих данных, геохимики и геофизики за последние годы построили шкалу абсолютного летоисчисления времени геологической эволюции земного шара.

Эти новые часы установили, что возраст нашей планеты, вероятно, превышает 3—4 тысячи миллионов лет, то есть примерно 3—4 миллиарда лет

ВОЗРАСТ
НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ
ОКОЛО 3 МИЛЛИ-
АРДОВ ЛЕТ



должны отделять нас от того момента космической истории, когда образовались планеты нашей солнечной системы и среди них земля.

Более двух миллиардов лет отделяют нас от появления твердой земной коры — этого второго важнейшего момента в истории земли, начала ее геологической истории. От зарождения жизни прошло не менее одного миллиарда лет. Примерно за 500 миллионов лет до наших дней положено было начало отложениям знаменитой синей кембрийской глины, встречающейся в окрестностях Ленинграда.

В течение первой эпохи — трех четвертей всей геологической истории земли — много раз расплавленные массы прорывались из глубин на поверхность и нарушали спокойствие первой, еще тонкой, твердой пленки земли. Расплавленные массы выливались на ее поверхность, пропитывали ее своим горячим дыханием и растворами, сгибали и поднимали ее в виде хребтов. Наши геохимики и геологи сейчас уже наметили самые древние горные хребты земли (в Карелии — Беломорье, в Канаде — древнейшие граниты штата Манитоба). Возраст этих хребтов около 1 700 000 000 лет.¹

Потом началась длинная история развития органического мира. На схеме (стр. 59) мы видим, как долго продолжалось отложение отдельных геологических эпох.

Примерно за полмиллиарда лет до нашего времени мощные хребты Каледонии поднялись на севере Европы, за 200—300 миллионов лет образовались хребты Урала и Тянь-Шаня; примерно в течение 25—50 миллионов лет шло образование Альпийских гор, затухали последние пароксизмы вулканов Кавказа, поднимались гордые вершины Гималаев.

Затем следует доисторическое время: миллион лет определяет начало ледниковых эпох; 800 тысяч лет — первое появление человека; 25 тысяч лет — конец последней ледниковой эпохи; 10 000—8 000 лет — начало египетской и вавилонской культур; 1 950 лет — начало нашего летоисчисления.

Много лет пройдет еще, пока ученые сумеют точно выверить свои замечательные часы. Но метод найден. Одна из загадок времени разгадана, и нет никакого сомнения, что очень скоро в каждом отдельном образце камня химик сумеет прочесть его возраст, определить точное число лет, прошедших с момента его появления.

Химик! Мы перестали верить в неизменяемость твоих атомов; всё течет, всё изменяется, всё разрушается и вновь создается, одно отмирает, другое рождается, — так течет история химических процессов мира во времени. Но даже и смерть атома человек сумел превратить в орудие познания мира и сделал из нее эталон времени.



¹ Некоторые американские авторы оценивают возраст гранитов Манитобы в 3,1 миллиарда лет; но советские ученые считают эти данные преувеличенными. (Ред.)

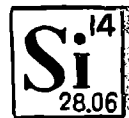
ЧАСТЬ ВТОРАЯ

**ХИМИЧЕСКИЕ
ЭЛЕМЕНТЫ
В ПРИРОДЕ**



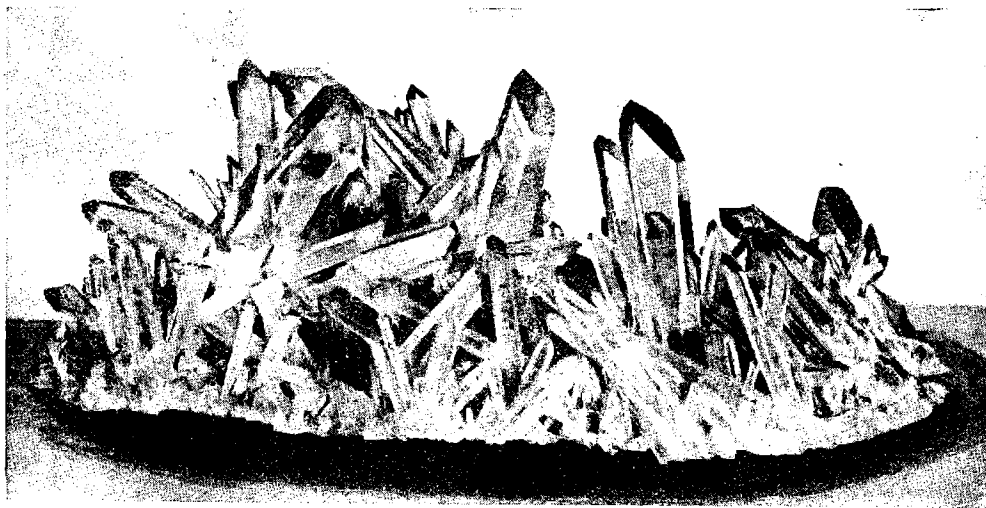
КРЕМНИЙ — ОСНОВА ЗЕМНОЙ КОРЫ

ЭЛЕМЕНТ КРЕМНИЙ И МИНЕРАЛ КРЕМЁНЬ



В одной из баллад Жуковского рассказывается, как некий иностранец, приехав в Амстердам, расспрашивал прохожих о том, кому принадлежат магазины, дома, суда и поместья, и на всё получал один и тот же ответ: «Кан-нит-ферштан». «Как он богат!» — думал иностранец, завидуя этому человеку и не догадываясь о том, что это обозначает по-голландски «не понимаю».

Эта история приходит мне всегда в голову, когда рассказывают о кварце. Показывают мне самые разнообразные предметы: прозрачный шар, сверкающий на солнце чистотой холодной ключевой воды, красивый пестрого рисунка агат, яркой игры многоцветный опал, чистый песок на берегу моря, тонкую, как шелковинка, нитку из плавленного кварца или теплостойкую посуду из него, красиво ограненные груды кристаллов горного хрусталя, таинственный рисунок фантастической яшмы, окаменелое дерево, превращенное в кремь, грубо обработанный наконечник стрелы древнего человека — всё это, о чем бы я ни



Друза горного хрусталя — самой чистой и прозрачной разновидности кварца.

спросил, состоит из кварца и близких к нему по составу минералов. Всё это одно и то же химическое соединение элементов кремния и кислорода SiO_2 . Оно-то и носит название: окись кремния, или кремнезем.

При слове «кремний» обычно чаще всего вспоминаешь кремь, который многие хорошо знают как минерал еще с детства: камень твердый, дающий горячую искру при ударе о сталь и применявшийся для зажигания пороха в кремневом ружье.

Однако минерал кремь не кремний химиков, а лишь одно, и притом не самое важное, его соединение. Сам же кремний — это замечательный химический элемент, атомы которого широко распространены вокруг нас в природе и в технике.

КРЕМНИЙ И КРЕМНЕЗЕМ

В граните около 80% кремнезема, или 40% элемента кремния. Из его соединений построено большинство твердых горных пород. Порфир мавзолея Ленина на Красной площади, и красивые граниты облицовки гостиницы «Москва», и темносиние сверкающие пятна лабрадора в фундаментах домов на улице Дзержинского в Москве — словом, все твердые и прочные породы земли состоят больше чем на треть из кремния.

Кремний — главная составная часть простой глины. Из него же состоят в основном простой песок речных берегов, толщи песчаников и сланцев. Не удивительно поэтому, что около 30% по весу всей нашей земной коры состоит из этого элемента, что до глубины в 16 километров около 65% приходится на его главное соединение с кислородом, которое химики называют кремнеземом, или SiO_2 , и которое мы называем чаще всего кварцем. Мы знаем свыше двухсот различных разновидностей природного кремнезема, и больше ста различных названий употребляют минералогии и геологи, перечисляя разные виды этого важнейшего минерала.

Мы говорим об окиси кремния, когда называем кремь, кварц, горный хрусталь, говорим о нем, когда восторгаемся красотой фиолетового аметиста, пестрого опала или красного агата, черного оникса или серого халцедона, к нему относятся красивые разновидности яшмы, точильный камень, простой песок. Самые разнообразны названия даются отдельным разновидностям, и, может быть, нужна целая наука, чтобы разобраться в соединениях этого замечательного элемента.



Естественные столбы отдельности вулканической породы — базальта. Янова долина, Ровенской области, УССР.

Но в природе встречается еще гораздо больше соединений, где наш кремнезем, или кварц, сочетается с окислами других металлов. При этом получают тысячи новых минеральных видов, называемых силикатами.

Человек применяет их в своей строительной и хозяйственной технике, важнейшие из них — глины и полевые шпаты — использует для получения различных сортов стекла, фарфора и фаянса, отливая оконные стекла, хрусталь для стаканов, создавая величайшую силу строительной техники — бетон, прочный, как броня, полотна новых автострад, железобетонные перекрытия заводов и фабрик.

Что может сравниться с кремнием и его соединениями по прочности и разнообразию своих свойств в руках человека?

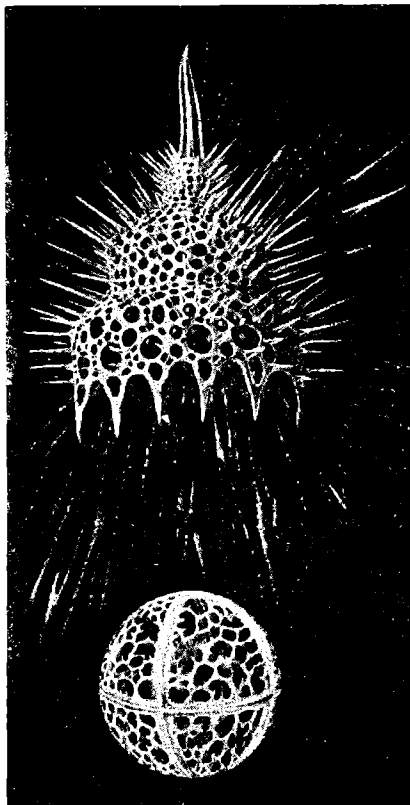
КРЕМНИЙ В ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЯХ

Но еще до того времени, когда хитроумный человек стал пользоваться окисью кремния в своей технике, ее уже использовала природа для жизни растений и животных. Там, где надо было построить прочный стебель, прочную соломинку колоса, накапливалось повышенное содержание кремнезема, и мы знаем, как много его содержится в золе простой соломы и, в особенности, в стеблях таких растений, как хвощи, которые пышно росли в далекие геологические эпохи образования каменного угля, вытягиваясь в высоту на десятки метров из болотистых низин, так же как сейчас вытягиваются к небу богатые кремнеземом трубки бамбука в садах Сухуми или Батуми. В этих растениях природа сумела сочетать закон механической прочности с прочностью самого материала.

Но прочность стебля имеет огромное практическое значение не только для колосьев злаков, не позволяя ниве ложиться под ударами ветра или дождя, но и для других растений.

Каждый день на самолетах перевозят цветы и декоративные растения, и, чтобы эти цветы не мялись, а стебли их оставались прочными, необходимо почву цветов насыщать легко-растворимыми солями кремния. Растения поглощают с водой кремнезем, и их стебли приобретают твердость и прочность.

Но не только для стеблей нужна



Радиолярии. Из отверстий в изящном кремневом скелете выступают ложноножки живой клетки.



растениям прочность кремния и его соединений. Мельчайшие растения, диатомовые водоросли, строят свои скелеты из кремнезема, и мы знаем сейчас, что на 1 кубический сантиметр породы, образующейся из скорлупок диатомей, требуется около 5 000 000 этих маленьких организмов.

Простейшие животные — радиолярии строят свои нежные скелеты из тонких иголочек кремнезема.

Некоторые губки также образуют свои твердые части из кремневых иголок — спикул.

Сотнями различных способов ухитряется природа использовать кремнезем, чтобы из него создать прочную опору для мягких, изменчивых клеток.

ПОЧЕМУ СОЕДИНЕНИЯ КРЕМНИЯ ТАК ПРОЧНЫ?

✕ Наши ученые попытались в последние годы понять, в чем же загадка замечательной прочности, которую создает кремний в скелете животных и растений, в тысяче минералов и горных пород, в самых тонких изделиях техники и промышленности?

И когда глаза наших рентгенологов проникли в глубины этих кремневых соединений, открылись замечательные картины, которые выяснили причину их прочности и загадку их строения.

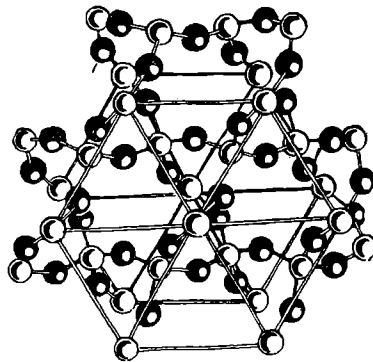
Оказалось, что кремний, как элемент, образует мельчайшие заряженные атомы-ионы ничтожных размеров, в два с половиной раза меньше, чем одна стомиллионная часть сантиметра. Эти маленькие заряженные шарики соединяются с такими же заряженными шариками кислорода, но больших размеров. В результате вокруг каждого из них теснейшим образом располагаются четыре шарика кислорода, соприкасаясь друг с другом, и получается особая геометрическая фигура, которую мы называем тетраэдром.

Тетраэдры сочетаются друг с другом сообразно различным законам, и из них вырастают сложные большие постройки, которые очень трудно сжимать или сгибать и в которых необычайно трудно оторвать атом кислорода от центрального атома кремния.

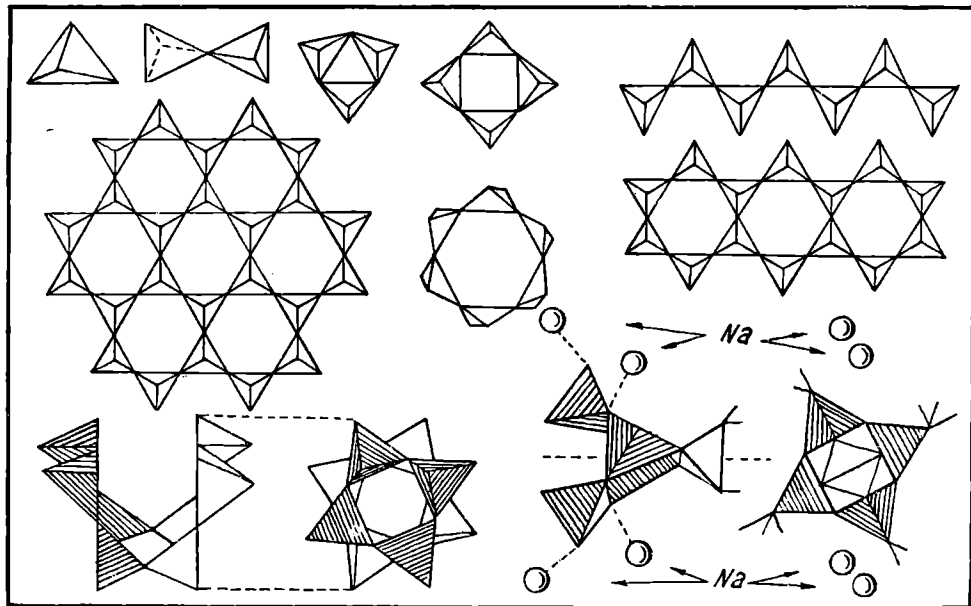
Современная наука выяснила, что возможны тысячи таких сочетаний тетраэдров между собой.

Эти сочетания тетраэдров друг с другом и с атомами металлов зависят от относительного количества тех и других: когда тетраэдров мало, они сцепляются только через атомы металлов — железа, магния, калия, кальция и других. Получаются наиболее прочные структуры (например, оливины, гранаты).

Если же кремния много, то тетраэдры начинают сцепляться между собой: если связаны две вершины из четырех,



Расположение атомов кремния (белые шарики) и кислорода (черные) в кристалле кварца. Атомы кислорода связывают всегда два атома кремния. Каркасная структура.



Различные способы сочетания кремнекислородных тетраэдров — одиночные тетраэдры, двойные (песочные часы), кольца, цепочки, ленты и плоские сетки из шестерых колец. В нижнем ряду рисунка — вид, в двух проекциях, каркасных структур: полевого шпата и натролита (минерал из группы цеолитов).

имеющихся у тетраэдра, то получаются цепочки, кольца и ленты. Всю эту группу минералов называют метасиликатами. Если кремния еще больше, то его тетраэдры сцепляются с тремя соседними, и получается кремнекислородная пластинка; обычно между такими пластинками располагаются положительно заряженные гидраты магния, алюминия, железа, и получаются столь хорошо известные листоватые минералы — тальк, слюда, хлориты.

Наконец, если все четыре кислорода кремневого тетраэдра связаны с соседними тетраэдрами, то металлу нет места, и получаются структуры многочисленных разновидностей кварца — их называют: кварц, тридимит, кристобаллит.

Если часть тетраэдров заместится тетраэдрами, в центре которых поместятся не кремний, а трехвалентные алюминий, бор или железо, то свободных связей в тетраэдре окажется не четыре, а пять, и тогда возникнут каркасы, внутри которых разместятся атомы металлов — калия, натрия, кальция. Так построены полевые шпаты, нефелин и другие важнейшие минералы.

И подобно тому, как углерод с водородом образуют сотни тысяч разнообразных соединений в органической химии, так кремний с кислородом образуют тысячи построек в неорганической химии, раскрытых в своей сложности рентгеновским лучом.

Кремнезем не только механически трудно разрушаем, он не только столь тверд, что острый стальной нож не может взять его, он прочен и химически, так как ни одна кислота не может разрушить его или





растворить, и только сильная щелочь несколько растворяет его,¹ превращая в новые соединения. Он очень трудно плавится и только при 1 600—1 700° начинает переходить в жидкость.

Таким образом, не удивительно, что кремнезем и его разнообразные соединения являются основой неорганической природы. В наше время возникла целая наука о химии кремния, и на каждом шагу все пути геологии, минералогии, техники и строительства переплетаются с историей этого элемента.

ИСТОРИЯ КРЕМНИЯ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Проследим же теперь на отдельных примерах судьбу кремния в земной коре. Он образует с металлами основу расплавленной магмы в глубинах земной коры. И когда эти расплавленные магмы застывают в глубинах, образуя кристаллические горные породы — граниты, габбро, или выливаются на поверхность в виде лавовых потоков, базальта и других, возникают сложные соединения кремнезема, или силикаты.

Если же кремния избыток, то появляется и чистый кварц.

Вот они — коротенькие кристаллы кварца в гранитных порфирах или густые дымчатые хрустали в пегматитовых жилах, последних остатках глубинных расплавов земли. Надо осторожно запечь в хлебе кусочек такого «дымчатого топаза»² или нагреть его до 300—400°, чтобы получить «золотистый топаз», который и пойдет в огранку на бусинку или брошку.

Вот кварцевые жилы со сплошным белым кварцем. Мы знаем, что некоторые из них тянутся на сотни километров. Грандиозные кварцевые жилы стоят, как маяки, на вершинах гор Урала. И здесь на много сотен километров протягиваются жилы с пустотами, заполненными прозрачным горным хрусталем. Это и есть те чистые прозрачные разновидности кварца, о которых писал греческий философ Аристотель, давший им название «кристалл» и связывавший происхождение горного хрусталя



Скелеты кварцевых жил, остающиеся, как более прочные участки земной коры, при выветривании. Высота 30 метров.

¹ Кремнезем очень легко сплавляется с содой, причем угольная кислота из соды выделяется очень бурно, и образуется прозрачный шарик силиката натрия, растворяющийся в воде. Поэтому мы называем его растворимым стеклом.

² Название не совсем точное, так как «дымчатый топаз» — это по составу просто кварц SiO_2 , а не настоящий топаз, состав которого более сложен: в него входят кремний, алюминий и фтор с кислородом: $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{SiO}_4]$.



Осадки гейзерита — неблагородного опала — образуют террасы кремнистого туфа.

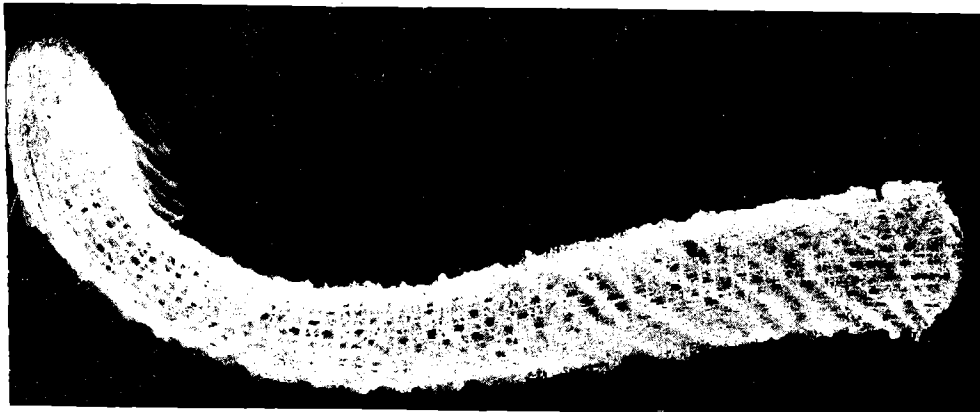
с окаменелым льдом. Это тот горный хрусталь, который уже в XVII веке добывался из природных «погребов» Швейцарских Альп, причем из отдельных пустот добывалось до 500 тонн горного хрусталя, то есть до 30 вагонов.

Отдельные кристаллы иногда достигают грандиозных размеров. На Мадагаскаре был найден горный хрусталь, кристалл которого имел в окружности 8 метров. Японцы выточили из прозрачного горного хрусталя Бирмы огромный шар — больше одного метра в диаметре, который должен был весить почти полторы тонны.

Другой вид кремнезема, совсем не похожий по внешнему виду на тот, о котором мы говорили, отлагается из расплавленной лавы, когда горячие пары, насыщенные кремнеземом, осаждают в отдельных жилах или газовых пустотах громадные массы кремнистых желваков и жеод. И когда начинается разрушение породы в глинистую дресву, из нее как бы выкатываются грандиозные шары до 1 метра в диаметре.

В штате Орегон в США их знают под именем «гигантских яиц». Их разбивают на куски и потом распиливают на тонкие пластины для получения прекрасных слоистых агатов — сырья для «каменей» к часам и другим точным приборам, призм для весов, ступочек для химических лабораторий. Иногда и после вулканической деятельности, в связи с наличием остывающих изверженных масс, кремнезем выносятся горячими ключами на поверхность земли. Таково происхождение отложенных неблагородного опала гейзерами Исландии.

Белоснежны пески дюн побережья Балтики и северных морей, миллионы квадратных километров песчаных пустынь Средней Азии и Казахстана, — песок определяет природу берегов морей и пустынь,



Кремневый скелет «стеклянной» губки.



песок кварцевый, то с красной пленкой железных окислов, то с преобладанием черного кремня, то чисто белый, очищенный морской волной.

А вот нарядные изделия из горного хрусталя. Искусный мастер китаец при помощи разнообразных скребков с наждачным порошком выделал фантастические изделия из кристаллов кварца.

Сколько десятков лет затратил он, чтобы выточить вазочку из горного хрусталя, сделать чудовищного дракона или выдолбить маленький флакончик для розового масла?

А вот агатовая пластинка, она окрашена разными красками. Изобретательный человек научился пропитывать ее различными растворами и из серого невзрачного агата получать чистые, ярко окрашенные изделия.

Но вот перед нами еще более удивительные картины: целые древние леса окаменелого дерева в Аризоне. В западных областях Украины, а также среди пермских отложений западного склона Южного Урала лежат каменные древесные стволы из чистого кремнезема — агата.

Вот переливающий бархатом камень, напоминающий «огонь» кошачьего или тигрового глаза. Вот таинственные кристаллы, внутри которых, «как привидение», просвечивают какие-то другие кристаллы. Вот острые красно-желтые иголки минерала рутила прорезают в разных направлениях кристаллы горного хру-



Морской песок из мелких кристаллических зерен кварца. Особо чистый идет на изготовление кварцевого стекла.



стала, — «стрелы Амура». Вот тонкий золотистый войлок — «волосы Венеры». Вот замечательный камень с пустотой внутри, почти сплошь заполненной водой. Вода переливается и играет внутри кремневой скорлупы.

Вот невероятно извилистая трубка — это действие молнии на кварцевый песок, образовавшее сплавленные фульгуриты, «стрелы неба», или «громовые стрелы», как они называются часто народом. А вот камень-чужеземец. Громадный пояс тянется через Австралию, Индокитай, Филиппины, и в нем в отдельных участках находятся своеобразные богатые кремнеземом метеориты из зеленого или бурого стекла.

Сколько споров возникало вокруг этих таинственных образований! Одни считали, что это остатки плавленого стекла древнего человека; другие думали, что это расплавленные частицы земной пыли; третьи, — что это продукт расплавления песков, когда в них падали массы метеорного железа, но большинство ученых склонно думать, что это настоящие частицы других миров...

КРЕМЬ И КВАРЦ В ИСТОРИИ КУЛЬТУРЫ И ТЕХНИКИ

Я попытался на предыдущих страницах нарисовать перед читателем сложную историю кварца, кремнезема и их соединений. И, начиная с горячих расплавов и кончая холодной поверхностью земли, начиная с космических областей и кончая песком, которым посыпают в гололедицу наш тротуар, — всюду мы встречаемся с кремнием и кремнеземом, всюду силикаты и кварц, как один из самых замечательных и самых распространенных минералов мира.

Я мог бы на этом кончить историю кварца, если бы мне не хотелось рассказать еще о том, что кварц имел огромное значение в истории культуры и техники. Недаром первобытный человек стал делать свои первые орудия из кремня или яшмы. Недаром самые первые украшения в древнейших постройках Египта, в остатках суммерийской культуры Месопотамии были сделаны именно из кварца. Недаром еще за двенадцать тысяч лет до нашей эры на Востоке научились плавить песок с содой и получать стекло.

Горный хрусталь находил широчайшее применение у персов, арабов, индусов, египтян, и мы имеем сведения, что обработка хрустала существовала еще за пять с половиной тысяч лет до нашего времени. В течение многих столетий древние греки считали горный хрусталь окаменевшим льдом, превращенным в камень по воле божественной силы.

Много фантастических историй связано с этим камнем. В библейских



Всё из кварцевого стекла.



сказаниях придавалось ему огромное значение, при построении знаменитого Соломонова храма в Иерусалиме огромную роль играл этот камень под разными названиями — агат, аметист, халцедон, оникс, сард и другие.

В середине XV века создалась первая промышленность по обработке этого камня. Научились его пилить, шлифовать, окрашивать и широко использовать в качестве украшений. Но это были отдельные попытки кустарей, не имевшие массового характера до тех пор, пока новая техника не предъявила более широких требований: сейчас горный хрусталь используется в промышленности и радиотехнике, где с помощью пьезокварцевых пластинок стали улавливать ультразвуковые волны и преобразовывать их в электрические колебания.

Горный хрусталь превратился в один из важнейших видов сырья нашей промышленности.

И на смену флейте и самовару, выточенным из горного хрусталя и хранящимся: первая — в Художественном музее в Вене, а второй — в Оружейной палате в Москве, пришли маленькие пластинки из кварца для радио, способствовавшие успеху одного из величайших открытий человечества — передаче электромагнитных волн на далекие расстояния.

И скоро кварц — чистый горный хрусталь — будут делать химики. В больших чанах, наполненных жидким стеклом, на тонких платиновых проволочках будут расти кристаллы горного хрусталя — чистые маленькие пластинки для радио, может быть, и для стекол наших окон или для нашей посуды.

И живительные ультрафиолетовые лучи солнца, задерживаемые простым оконным стеклом, будут пронизывать наши комнаты. Появятся посуда из плавленного кварца, и раскаленные на плите кварцевые чашки можно будет опускать без опасений в холодную воду.

Из тончайших кварцевых нитей, столь тонких, что надо сложить пятьсот нитей, чтобы получить толщину спички, будут плестись нежнейшие ткани одежды, и кремнезем оденет своими иглами и нитями человека, так же как он строит сейчас нежную ткань мельчайших радиоларий.

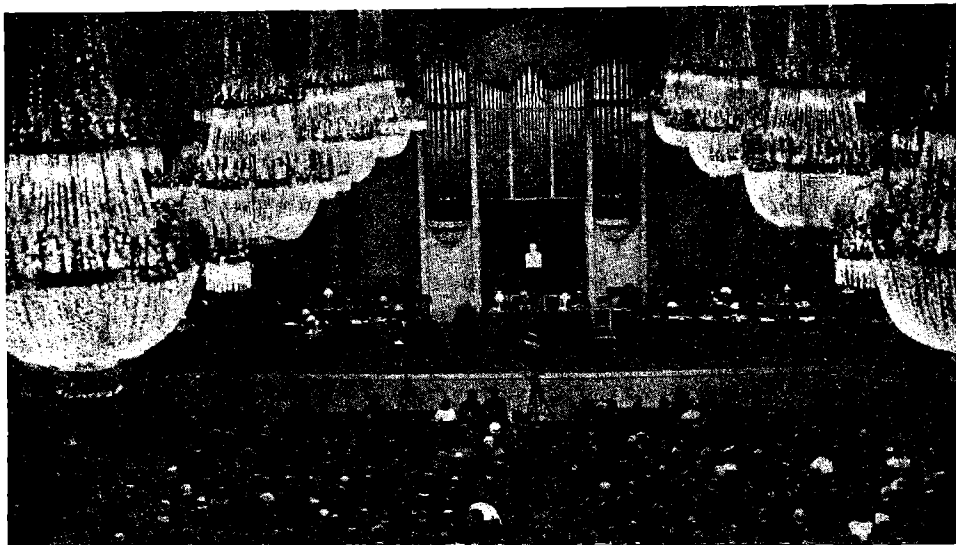
Горный хрусталь сделался основой новой техники; не только геохимик пользуется им как термометром для определения температуры земных процессов,¹ не только физик устанавливает при помощи кварца длину электрических волн, — заманчивые и новые перспективы открывает он в различных областях промышленности, и скоро кварц войдет в обиход всей нашей жизни.

В Институте кристаллографии Академии наук СССР получены лабораторные изделия: стеклянная фанера, лента, бруски, легкая стеклянная пена, состоящая из пузырьков воздуха, заключенных в стеклянные оболочки. Стеклянная пена идет для приготовления спасательных кругов, поплавков, для изоляции и имеет еще ряд других применений.

Первые образцы стеклянных тканей у нас были получены в 1939 году, а в 1941 году был пущен целый цех на одном из наших заводов



¹ Если горный хрусталь кристаллизуется при температуре выше 575°, он дает кристаллы особого облика, в виде шестиугольных пирамид. Если же его образование произошло из растворов при температуре ниже 575°, то форма его кристаллов иная, вытянутая в длину, в виде шестиугольной призмы. (Ред.)



Хрустальные люстры в Государственной филармонии. Ленинград.

по выделке хрустальных тканей. Стекланные ткани не горят, химически стойки, не проводят электрический ток и тепло, плохо проводят звук, устойчивы против влаги. Это прекрасный материал для изоляции, особенно судовых устройств, для фильтрования, для экранов кино, занавесей в театрах и декораций, пожарных костюмов и т. д. Стекланные нити — идеальный хирургический материал.

Чем упорнее будут химики и физики овладевать атомами кремния, тем скорее они напишут одну из самых замечательных страниц в истории науки и техники, а также в истории самой земли!



УГЛЕРОД — ОСНОВА ВСЕГО ЖИВОГО



Кто из вас не знает сверкающего всеми цветами радуги драгоценного алмаза, серого графита или, наконец, черного куска угля? Всё это лишь разные формы, в которых встречается в природе один и тот же химический элемент — углерод.

Относительное количество углерода на земле невелико: он составляет один процент веса земной коры. Но роль его в химии земли огромна: без него невозможна жизнь. Вот как распределяется углерод в разных частях земной коры:

В живом веществе	700	миллиардов тонн
В почвах	400	»
В торфе	1 200	»
В бурых углях	2 100	»
В каменных углях	3 200	»
В антрацитах	600	»
В осадочных породах	4 576 000	»



Растительность каменноугольного периода, из которой образовался каменный уголь.

Всего углерода в земной коре содержится 4 584 200 миллиардов тонн. К этому надо добавить 2 200 миллиардов тонн в атмосфере и 184 000 миллиардов тонн в воде океанов.

Представьте на секунду, как бы выглядела земля без углерода. Ведь это значит, что не было бы ни одного зеленого листа, ни дерева, ни травки.

Не было бы также и животных. Лишь голые утесы разнообразных пород торчали бы среди безжизненных песков и безмолвных пустынь земли.

Не было бы ни угля, ни нефти. Не было бы углекислоты, и климат земли вследствие этого был бы суше и холоднее, так как углекислота в атмосфере способствует поглощению световой энергии солнца. Воды также были бы мертвы. Не существовало бы ни мрамора, ни известняков, своим белым цветом украшающих наши ландшафты.

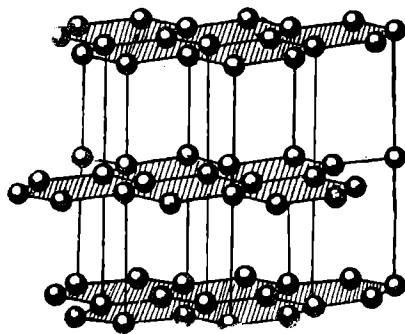
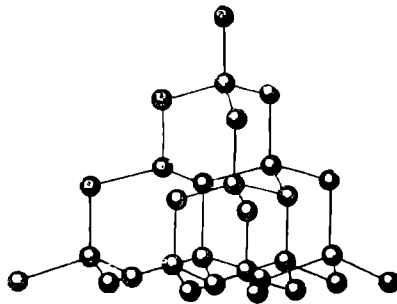
Различие в свойствах тел мы всегда объясняем различием в составе. А между тем как не похожий огнями драгоценный алмаз на простой серый графит, которым мы пишем! Однако оба они лишь разновидности чистого углерода. Разные свойства в данном случае получились от различного расположения атомов в кристаллах.

В кристалле алмаза атомы лежат очень плотно друг к другу. С этим связаны его значительный удельный вес, твердость, самая большая из известных, и исключительно высокий показатель преломления.

Алмаз может образоваться из расплавленной породы лишь при очень больших давлениях, достигающих 30, а может быть, даже и 60 тысяч атмосфер.

Такие давления существуют лишь на глубине 60—100 километров от земной поверхности. Очень редко породы с такой глубины проникают на дневной свет, и этим можно объяснить, почему алмаз встречается исключительно редко. За твердость, игру цветов он ценится очень высоко, представляя собой первоклассный драгоценный камень. Шлифованный, он называется бриллиантом.

С давних пор Индия славилась своими алмазами, добываемыми из россыпей. Затем алмазные россыпи были открыты в Бразилии (1727 год), в Африке (1867 год) и у нас, в Советском Союзе. Главная масса алмазов в настоящее время добывается из африканских месторождений, открытых в долине реки Ваала, правого притока Оранжевой.



Расположение атомов углерода в алмазе (вверху) и в графите (внизу). В алмазе каждый атом окружен четырьмя атомами углерода на равных расстояниях (тетраэдр). У графита атомы расположены слоями, связи атомов между слоями ослаблены.

Сначала их добывали из россыпей речной долины, но скоро обнаружили, что они есть и в голубой глине на пологих холмах вдали от речки. Стали разрабатывать голубую глину, началась «алмазная лихорадка»: по цене, взвинченной в миллионы раз, покупали участки голубой глины величиной всего 3×3 метра и копали ямы огромной глубины. В ямах, как муравьи, копошились люди, добывая породу. Чтобы вывозить драгоценную глину, в ямы протянули проволоки подвесных дорог.

Однако уже на небольшой глубине глина исчезла, превратившись в твердую зеленую породу — кимберлит. Он тоже содержал алмазы, но добывать их стало труднее, и мелкие собственники разорились. После некоторого периода бездействия снова возобновились работы, уже при помощи шахт, принадлежавших крупному акционерному обществу.

Алмазоносная порода уходит в землю на недостижимую глубину. Она заполняет каналы, получившиеся во время вулканических взрывов. Воронок от таких взрывов известно пятнадцать, наибольшая из них имеет размеры 350 метров в поперечнике, остальные — 30—100 метров.

Алмазы в кимберлите вкраплены очень мелкими зернами, мельче 100 миллиграммов (или полкарата) весом. Но иногда попадались и крупные камни. Долгое время самым большим был «Эксцельсиор», весивший 972 карата, или 194 грамма. В 1906 году нашли еще больший, названный «Кюллинан», — его вес 3 025 карат, или 605 граммов. Камни более 10 карат редки и ценятся очень дорого. Самые знаменитые бриллианты весят 40—200 карат.

Да и рядовые алмазы — крошки, так же как черная разновидность — «карбонадо» или алмазные капли — «боллас», ценятся высоко, так как идут в технике для сверления и бурения горных пород. Довольно крупные камни нужны для волочильных станков, приготовляющих вольфрамовую нить для электрических лампочек.

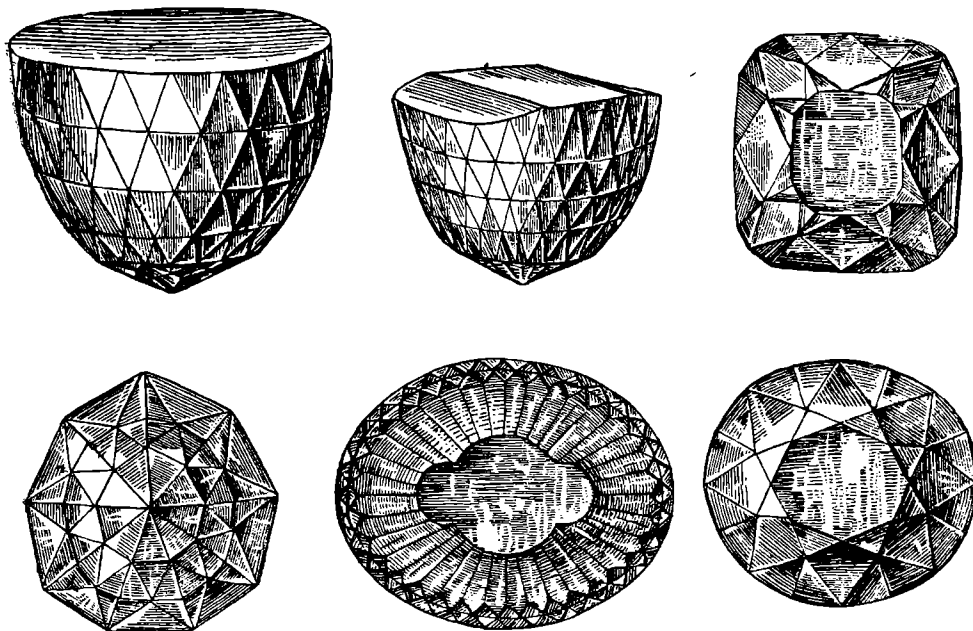
Графит — тот же углерод, но как отличен он по свойствам от алмаза!

Его атомы легко отделяются друг от друга по плоскостям, он непрозрачен, с металлическим блеском, мягкий, легко распадается на листочки и оставляет след на бумаге. Графит плохо соединяется с кислородом и может переносить очень высокую температуру, являясь своеобразным огнеупором.

Происхождение его двояко: он возникает или вследствие разложения углекислоты, выделяю-



Открытые работы в алмазоносных ямах в окрестностях города Кимберлея в 1880 году. Видны многочисленные канаты для подъема руды собственниками мелких участков.



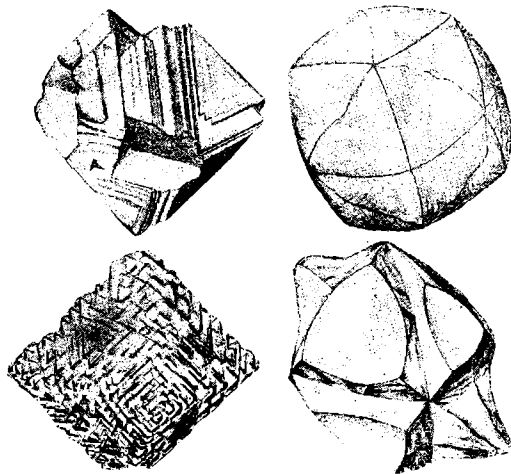
Величайшие в мире бриллианты: «Великий могол» — весил в необработанном виде 780 карат, «Орлов» — вес 194 карата, «Регент» — 137 карат, «Флорентиец» — 140 карат, старая и новая шлифовка бриллианта «Койнур» (186—106 карат).

щейся из магмы при образовании изверженных пород, или при видоизменениях каменного угля. Знаменитое месторождение первого типа находится в Сибири. Среди застывшей изверженной породы — нефелинового сиенита — лежат здесь линзы очень чистого графита. А в бассейне Енисея лежат огромные запасы графита в виде пластов. Он образовался здесь из каменного угля и потому содержит много золы.

Мы ежедневно имеем дело с графитом, когда пишем карандашом. Для изготовления карандашей графит замешивают с очищенной глиной, количество которой переменное: для твердых карандашей глины берут мало, для мягких — больше. Потом стержни прессуют и заклеивают в дерево. Но на эту потребность идет всего 5% добываемого графита. Главная его масса расходуется на огнеупорные тигли для плавки высших сортов стали, для электродов электрических печей, для смазки трущихся частей в тяжелых механизмах (как, например, в блюмингах), в виде порошка для присыпки «опок» — глиняных форм для отливки металлических частей машин.

Химические свойства углерода очень своеобразны. Он единственный из элементов, который дает с кислородом, водородом, азотом и другими химическими элементами безграничное число соединений. Многие из этих углеродных или органических соединений составляют, в свою очередь, разнообразнейшие сложные белки, жиры, углеводы, витамины и многие другие соединения, входящие в состав тканей и клеток живых организмов.





Оригинальные формы природных алмазов, зарисованные академиком А. Е. Ферсманом в 1911 году.

Само название — органические соединения — указывает, что впервые с соединениями углерода человек познакомился, выделяя их из тканей организмов растений и животных, как, например, сахар, крахмал, а затем научился многие делать искусственно. В настоящее время в органической химии, занимающейся химией углерода и его соединений, их синтезом и анализом, насчитывается свыше миллиона органических соединений. Для сравнения можно указать, что неорганических соединений, изготовляемых нашими лабораториями, насчитывается более тридцати тысяч, а природных неорганических соединений, или минералов, — менее трех тысяч.

Органических соединений так много, что приходится теперь их называть всё более и более длинными и сложными названиями, например, известное лекарство от малярии акрихин имеет полное название «метоксихлордиэтиламинометилбутиламиноакрихин».

Благодаря свойствам углерода давать многочисленные соединения возникло всё богатство и разнообразие видов растений и животных, число которых, по крайней мере, несколько миллионов.

Но это не значит, что углерод составляет основную массу живых организмов, или, как говорят в геохимии, живого вещества. Углерода лишь около 10%; всё остальное — главным образом вода, до 80%, а затем другие химические элементы, входящие в состав организмов.

Благодаря способности организмов питаться, развиваться и размножаться, через живое вещество в процессе жизни проходят огромные массы углерода. И вы видели много раз, как весной пруд начинает зарастать с поверхности зеленой пленкой водорослей и других растений, как летом эти водоросли достигают полного расцвета, а к осени буреют и опускаются на дно пруда, образуя донный ил, богатый органическим веществом. Из него, как мы увидим дальше, берут начало угли и растительные илы — сапропели, из которых можно получать синтетический бензин.

Но мы должны спросить: а откуда же организмы берут углерод и в каком виде? Источником является углекислота. Все вы знаете, что углекислота — газ. Ее пузырьки в воде вы нередко наблюдали, когда пили газированную воду, например нарзан. Но еще интереснее видеть выделение углекислоты в природных, часто теплых, минеральных источниках: углекислота бурлит в них, как будто кипит вода, так она перенасыщена газом. Человек использовал эти воды, встречающиеся, например, на Кавказе, для лечения и устроил около них санатории и водолечебницы.



На Кавказе же на значительной глубине под горами еще сохранился очаг тепла. Благодаря этому находящиеся вблизи этого очага породы, содержащие углекислоту (мел, известняки), под влиянием тепла частично разлагаются и освобождают газообразные трещинам вместе с минерализован-

БЛАСТИ ГЛУБИН		УСТОЙЧИВЫЕ ФОРМЫ
Земная поверхность (биосфера)	CH_4 Живое вещество → Карбонаты (известняки) Газы	Углеводороды, Живое вещество Углекислота Карбонаты
Область метаморфизма	CH_4 ↔ { Битуминозные сланцы, угли, нефти, смолы } CO_2 ↔ Карбонаты (мраморы)	Углекислота Карбонаты Графит
Глубинная область	Графит CH_4 → Карбиды (чугуны) CO_2 → Алмаз CO_2 → Карбо-силикаты	Углекислота ? (графит) Алмаз Чугуны (карбиды Fe, Ni и др.)

79



мер, у человека поверхность легочных пузырьков составляет около 50 квадратных метров, и за сутки человек выдыхает в среднем 1,3 килограмма углекислого газа.

При этом работа дыхательных органов составляет 20 тысяч килограмметров. Всё человечество ежегодно выдыхает в атмосферу земли около миллиарда тонн углекислого газа.

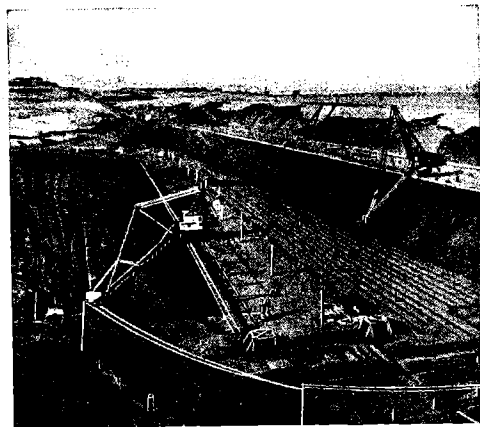
Наконец, еще более гигантский запас углекислоты находится под землей в связанном состоянии, в виде известняков, мела, мрамора и других минералов, образующих мощные слои в сотни и даже тысячи метров. Если бы всё это количество углекислоты, связанное в них в виде углекислого кальция и магния, мы смогли бы возвратить в атмосферу, то углекислоты в воздухе стало бы не 0,03%, как это имеет место сейчас, а в 25 тысяч раз больше. Содержание углекислоты возросло бы до 50%, и атмосфера стала бы тяжелее в два раза.

Итак, мы знаем источники углерода и знаем, откуда поступает углекислота в атмосферу. Отсюда она частично растрояется в воде мирового океана. Из воздуха и воды углекислота потребляется растительными организмами. По мере того как в воде океана ее становится меньше, новые количества ее поступают из воздуха. Океан действует на огромной своей поверхности как грандиозный насос, поглощая, затягивая углекислоту.

Первый момент вовлечения углекислоты в круг живого вещества осуществляют растения. Именно листья зеленых растений на свету улавливают углекислоту и превращают ее в сложные органические соединения. Этот процесс называется фотосинтезом и происходит при участии света и зеленого вещества растения — хлорофилла. Его огромное значение в природе впервые выяснил и подробно изучил гениальный русский ученый Климент Аркадьевич Тимирязев. В течение года все растения успевают пропустить таким образом большое количество углекислоты, находящейся в атмосфере. Но недостаток ее пополняется обратным выделением водоемами и животными.

В результате фотосинтеза образуются огромные массы органического вещества — ткани растений. Растения служат пищей животным, обеспечивая их существование и развитие. Если к этому мы еще добавим, что нефти и угли создаются за счет погибших организмов, то всё геохимическое значение захвата углекислоты растениями, или реакция фотосинтеза, встает во весь рост. На земле нет более важной по своему геохимическому эффекту реакции, чем реакция фотосинтеза у растений.

Как мы уже говорили, с образованием из углекислоты органических соединений в растениях, а затем и у животных круговорот углерода не заканчивается. Орга-



Открытые разработки бурого угля.

низмы гибнут. Их тела, ткани, в виде отложений на дне прудов, озер, морей, отложений торфа, накапливаются в больших массах. Эти остатки организмов подвергаются действию воды, процессов брожения и гниения. Бактерии резко изменяют состав тканей организмов. Наиболее упорно сохраняется клетчатка, лигнин растений. Органические остатки покрываются толстым слоем песка, глины.

Затем они подвергаются действию нагревания, давления и сложных химических процессов и постепенно, в зависимости от природы этих остатков и условий сохранения, дают начало каменным углям или нефтям.

Твердый органический углерод, оказавшийся в остатке в результате процесса разложения растений, известен в трех видах: в виде антрацита, каменного и бурого угля.

Наиболее богат углеродом антрацит. Изучение под микроскопом доказывает его первоначальную растительную природу. Каменный и бурый уголь даже на глаз обнаруживают свое растительное происхождение: они слоисты, и местами в прослойках встречаются отпечатки листьев, спор, семян. Каждый кусочек угля представляет собой часть того углерода, который когда-то в виде угольной кислоты был поглощен живым растением за счет энергии солнечного луча при участии хлорофилла в живой растительной клетке.

Солнечный луч, пойманный растением, превратившийся сначала в сложную растительную ткань и постепенно преобразованный в процессе медленного разложения, сохранился в этом маленьком кусочке угля. «Пойманный солнечный луч» — говорят про каменный уголь. Его теплом согреваются котлы фабрик, заводов, морских пароходов, его энергия двигает колоссальные машины, его добыча определяет гигантское развитие современной промышленности.

Ежегодная добыча выражается грандиозной цифрой более миллиарда тонн, что далеко превышает добычу любого другого полезного ископаемого. По разведанным запасам угля СССР стоит на втором месте в мире. Но при росте нашей промышленности этих огромных запасов хватит лишь на 100—200 лет, поэтому мы должны разведывать наши недра, чтобы увеличить реальные запасы этого ценного вещества. Но не только тепло дает каменный уголь. Человек извлекает из него ценные продукты, которые дали начало химической промышленности угля. Анилиновые краски, аспирин, стрептоцид имеют источником простой кусочек угля.

Если в уголь превратились главным образом клеточки ткани растений, то другие простейшие организмы и их споры иногда образуют



Использование канареек для определения наличия угарного газа CO в угольной шахте (тончайший реактив, канарейка падает в обморок от присутствия следов CO в воздухе).





в пластах земли жидкие органические продукты — нефть. Это тоже солнечные лучи, но собранные в горючую жидкость, еще более ценную, чем уголь. Современные быстроходные корабли, авиация и автотранспорт могут существовать только на нефти — очищенной и перегнанной в виде чистых сортов бензина. Из некоторых сортов каменного угля научились получать искусственный бензин, но количество углей, пригодных для этой цели, не очень велико, выход жидких продуктов мал, качество искусственного бензина хуже. В погоне за нефтью люди бурят скважины свыше четырех километров глубиной, извлекая из недр земли эту драгоценную жидкость, «черную кровь земли». В 1950 году у нас в СССР будет пробурена рекордная по глубине скважина в 5 километров глубиной.

Скважина, добывающая нефть, действует по нескольку лет. На поверхности земли она представляет сложное сооружение — вышку высотой 37—43 метра. Лес вышек нефтяного промысла издали выглядит очень эффектно. На Кавказе, на западных склонах Урала (Башкирия), в Средней Азии и на Сахалине находятся такие нефтяные промыслы. Значительные месторождения нефти есть в Иране, Месопотамии и в других частях земного шара.

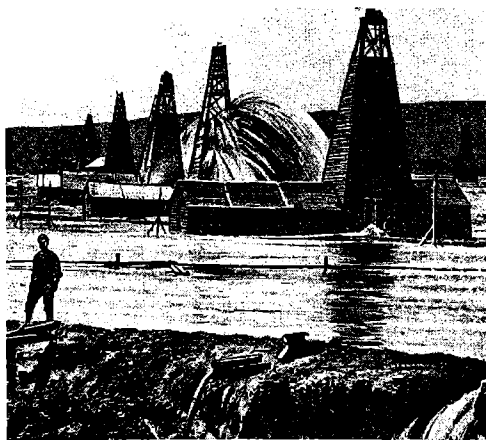
Человек широко пользуется захороненной энергией луча солнца — он сжигает нефть и угли с целью получить тепло и превращает всё вновь в углекислоту и воду.

Нам с вами остается вспомнить о судьбе той углекислоты, которая сохранилась в пластах земли в виде известняков, мела, мрамора.



Лес вышек на нефтяном промысле в Баку.

Прежде всего, — как они образовались? На это легко ответить. Достаточно посмотреть небольшое количество порошка мела под микроскопом. В нем мы найдем целый мир микроскопических ископаемых организмов. Мы увидим множество кружочков, палочек и кристалликов, нередко тонкого и красивого узора. Это остатки известковых скелетов микроскопических организмов — корненожек. Некоторые виды и сейчас встречаются в теплых морях. Все скелеты корненожек состояли из углекислого кальция, и после смерти организмов массы скелетов образовали породу. Но не только микроскопические низшие организмы участвуют в образовании пород, многие другие морские животные и растения имеют скелеты из карбоната кальция. Эти скелеты также встречаются в известняках.



Нефтяной фонтан, образовавший озеро нефти на Бакинских промыслах. Действовал около трех лет непрерывно.

Ученые по сохранившимся остаткам организмов умеют определять время образования известняков. Многие древнейшие известняки под влиянием давления превращаются в мраморы, и всякие следы органической жизни в них исчезают. Углекислота, накопившаяся в них за долгие миллионы лет, вышла из круговорота. И только если возникнут где-либо вблизи них горообразовательные и вулканические процессы, они смогут вновь под влиянием жара освободить углекислоту и вовлечь ее в новый круговорот.

Новейшие геохимические исследования дают возможность установить закономерное отношение углей и нефти к общему количеству известняков на всем земном шаре.

Посредством очень точно работающего кольцевого масс-спектрографа определили, что соотношение изотопов углерода C^{12} и C^{13} неодинаково для разных типов скопления углерода. Это отношение наименьшее для известковой мути морской воды и для известняков и доломитов, очевидно происшедших при участии вод океана, и равно 89,2. В углях и нефти оно, наоборот, наибольшее, именно 92,1. А каково оно в среднем, для всего земного шара? Можно принять, что в алмазах, которые произошли из углерода, растворенного в глубинных породах, оно именно среднее. И действительно, измерение для алмазов дает 89,5.

Если обозначить количество известняков «икс», а углей и нефти — «игрек», то должно быть равенство $89,2 \text{ «икс»} + 98,1 \text{ «игрек»} = 89,5 (\text{«икс»} + \text{«игрек»})$, откуда можно найти, что «икс»: «игрек» = 1 : 8,67.

Следовательно, можно примерно определить по обилию известняковых пород для каждой геологической эпохи количество образовавшихся тогда угля и нефти. Значение таких геохимических заключений очень велико, даже если практические расчеты окажутся неточными.





Для того чтобы понять историю этого замечательного элемента природы, я приведу здесь два рассказа. Один будет относиться к далеким временам — к концу XVII века, другой — к нашим дням. Затем я попытаюсь сделать из этих двух рассказов выводы и нарисовать перед вами сказочную историю фосфора, без которого нет ни жизни, ни мысли.

* * *

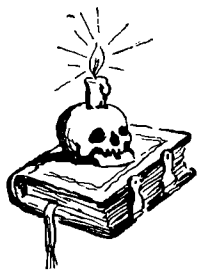
Темный подвал, слабо освещенный высоко расположенным окном с решеткой. Печь с жаровнями и большим кузнечным мехом, большие реторты. На стенах комнаты различные надписи, арабские изречения, пентаграммы, астрономические вычисления, картина звездного неба и небесных светил. На столах, на полу разложены древние фолианты в толстых кожаных переплетах с какими-то таинственными знаками. На полу большие чаши для растирания солей, груды песка, человеческие кости, сосуды с «живой» водой, на столе сверкающие капли ртути, тонкие стаканы, реторты, желтые, бурые, красные и зеленые растворы.

И среди всей этой обстановки старинной алхимической лаборатории фигура седовласого алхимика, замкнувшегося на многие годы от мира. Он ищет, как превратить серебро в золото, как использовать таинственную силу горения, чтобы из одного металла получить другой.

На тысячу ладов он растворяет порошки и человеческие кости, выпаривает мочу различных животных и людей, он ищет философский камень, который сделает старых молодыми, который научит получать из простого металла дорогое золото.

В такой таинственной и сложной обстановке решались химические проблемы алхимиками XVII века, но тщетны были попытки получить золото из ртути или выделить философский камень из костей. Проходили годы, опыты не приносили успеха. Всё большей и большей тайной окружали свои лаборатории алхимики, пряча рецепты и толстые фолианты своих записей.

Но вот в 1669 году одному из алхимиков, работавшему в Гамбурге, посчастливилось. В поисках драгоценного камня он взял свежую мочу, выпарил ее досуха, а черный остаток подверг прокаливанию. Сначала осторожно, потом более сильно прогревал он этот остаток, и на верху трубки стало накапливаться белое воскообразное вещество, которое, к удивлению алхимика, светилось.





Средневековый алхимик в своей лаборатории.



Апатит — фосфорноокислый кальций $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}_1\text{Cl})$. Апатит — светлые полосы, нефелин — темные.



Р. БОЙЛЬ



ЛИБИХ

Геник Бранд — так звали этого алхимика — долгое время тщательно скрывал свое открытие. Тщетны были попытки других алхимиков проникнуть в его лабораторию. Сильные мира сего и разные принцы крови приезжали в Гамбург и пытались купить у него эту тайну. Открытие произвело огромное впечатление, величайшие умы XVII века были им заинтересованы, полагая, что найден философский камень. Камень этот светился холодным, спокойным светом, он был назван «холодным огнем», а само вещество получило название «фосфор» (что значит «несущий свет»).

Роберт Бойль — один из крупнейших английских химиков — и Лейбниц — философ

XVII века — сильно заинтересовались открытием Бранда. Очень скоро один из учеников и ассистентов Бойля в Лондоне добился таких прекрасных результатов, что даже напечатал объявление в газете:

«Ганквиц, химик в Лондоне, живет на такой-то улице, готовит разного рода лекарства. Кроме того, уведомляет всех любопытствующих, что он один в Лондоне может изготовлять фосфор разных сортов по 3 фунта стерлингов за унцию».

И всё же до 1737 года получение фосфора оставалось секретом алхимиков. Бесплодны были их попытки использовать этот замечательный элемент. Считая, что открыт философский камень, они пытались при помощи светящегося белого фосфора превращать серебро в золото, но и эти попытки были безрезультатны. Философский камень не открывал своих загадочных свойств, а взрывы, иногда случавшиеся во время опытов, только пугали исследователей. Фосфор оставался таинственным веществом и не находил себе применения. Должно было пройти почти два века, пока в столь же скромной химической лаборатории химик Либих открыл еще одну тайну значения фосфора и фосфорной кислоты в жизни растений. Стало ясно, что фосфорные соединения — основа жизни на полях, и впервые в лаборатории агрохимика была высказана мысль, что нужно рассеивать по полям соединения «холодного огня», чтобы повысить урожайность.

Мы знаем, как недоверчиво отнеслись к этим словам Либиха. Его попытки ввести удобрение селитрой не увенчались успехом, и корабли, прибывшие с грузом этой соли из далекой Южной Америки, вынуждены были выбросить ее в море, не найдя покупателей. Долгое время считалась недоступной фантазией возможность использования солей «холодного огня» для увеличения урожая ржи и пшеницы и развития стебля ценного волокнистого злака — льна. Снова должны были пройти годы упорной научной работы, пока фосфор не сделался одним из важнейших элементов народного хозяйства.

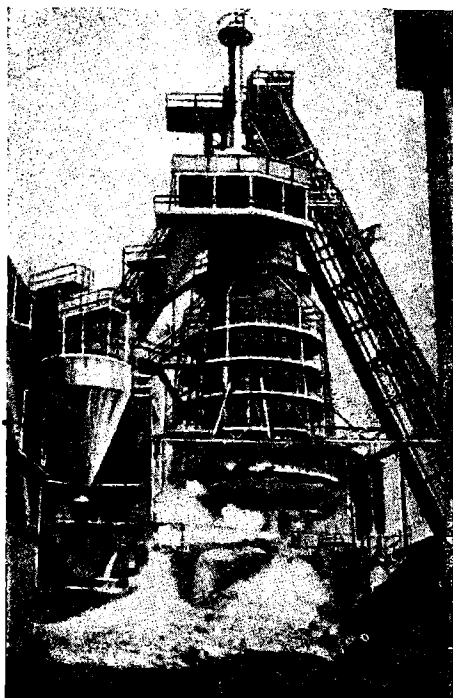


Второй рассказ относится к 1939 году. На Севере, на склонах покрытых снегом горных хребтов идет грандиозная добыча светлозеленого камня — апатита, ценного полезного ископаемого. Его добывают огромное количество тонн, соревнуясь с добычей фосфорита, извлекаемого с берегов Средиземного моря, в Африке или Флориде. Зеленый камень апатит идет на большие обогатительные фабрики, его размельчают, отделяют от других, вредных, составных частей и получают чистый белый порошок, рассыпчатый и мягкий, как мука. Затем его грузят в вагоны и десятками поездов направляют с далекого Заполярья на заводы Ленинграда, Москвы, Одессы, Винницы, Донбасса, Молотова и Куйбышева, чтобы там, соединив его с серной кислотой, превратить в новое вещество, в новый белый порошок — растворимый фосфат для удобрений. Миллионы тонн этих фосфорных соединений рассеиваются особыми машинами по полям нашей страны, удваивая урожайность льна, свеклы и хлопка, увеличивая сахаристость сахарной свеклы, умножая число коробочек хлопка, повышая плодородие огородных культур.

И рассеянные на полях мельчайшие атомы фосфора попадают в хлеб, овощи, в целый ряд употребляемых нами продуктов. Подсчеты показывают, что в каждом куске хлеба весом 100 граммов мы съедаем до 10 000 000 000 000 000 000 000 атомов фосфора, то есть колоссальную



Общий вид месторождения апатита.



Домна для возгонки фосфора.

цифру, которую трудно выразить обычными нашими словами.

Мы рассказали вам о главном источнике фосфорных солей в нашей стране — об апатите Хибинских гор. Но как ни грандиозны рудники Кольского полуострова, только они одни не в состоянии насытить поля нашей необъятной Родины фосфором, так как встает проблема перевозки; и того количества вагонов драгоценного апатитового концентрата, которое достигает Сибири, Казахстана и Средней Азии, недостаточно. Приходят на помощь фосфориты, разведанные повсюду. Энергично добывают фосфориты во многих местах Европейской части Союза, не менее важные месторождения известны сейчас в Сибири и в Средней Азии. В различных местах нашей необъятной Родины идут поиски и разработки новых месторождений. Мощные пласты позволяют нам получать десятки миллионов тонн фосфорных удобрений, которые вносят свою живительную силу на колхозные и совхозные поля на-

шей страны, полностью насыщая жизнетворными атомами зерна хлебов и стебли растений.

Мы нарисовали перед вами две картины из истории фосфора, его открытия и использования в наши дни. Свыше десяти миллионов тонн фосфорных удобрений ежегодно вырабатывается во всем мире, из них два миллиона тонн фосфора распространяется по полям.

Но фосфор идет не только для удобрений. Роль этого вещества с каждым годом всё более и более увеличивается в разных отраслях промышленности, и трудно здесь перечислить те 120 отдельных отраслей народного хозяйства, в которых используется этот холодный огонь.

Прежде всего, фосфор — вещество жизни и мысли, и содержание фосфора в костях в первую очередь определяет рост и нормальное развитие клеток костного мозга и в конечном счете обуславливает прочность живых организмов. Повышенное содержание фосфора в мозговом веществе указывает на его существенную роль в работе мозга. Недостаток фосфорного питания ведет к ослаблению всего организма.

Недаром имеется целый ряд различных фармацевтических лекарств и препаратов, содержащих фосфор, которыми лечат слабых или выздоравливающих больных. Не только человеку нужен фосфор, — он нужен также растениям и животным в огромных количествах. Фосфорными удобрениями ныне научились удобрять не только сушу, но и море. В замкнутых бухтах и заливах удобрение морской воды фосфором быстро усиливает размножение и рост мельчайших водорослей и других

микроскопических организмов, что вскоре приводит к повышенному урожаю рыбы. Перед нашими глазами прошли опыты снабжения фосфором прудов около Ленинграда, благодаря чему рыбы стали вдвое крупнее. В последнее время огромную роль приобретает фосфор в получении различного рода пищевых продуктов, и в особенности минеральных вод. Высокие сорта минеральных вод вырабатывают при помощи фосфорной кислоты. Соли фосфорных кислот, особенно марганцевые и железные, дают прочные и неизменяемые покрытия. Мы знаем, что лучшие сорта нержавеющей стали получают путем своеобразного покрытия их фосфорными солями. Известны самолеты, поверхности которых сделаны нержавеющей при помощи фосфорных покрытий. Холодный огонь фосфора в былые годы создал одну из крупнейших отраслей промышленности, а именно — спичечную. Наши молодые читатели уже совершенно не помнят тех фосфорных спичек, которыми пользовались до изобретения спичек нашего времени.



Я еще помню из времен моего детства коробочки с фосфорными спичками, которые делались с красными головками и зажигались путем трения о какой-нибудь предмет.

Особенно любили зажигать эти спички о подошвы ботинок. Однако опасные свойства фосфора заставили изобрести другие спички, которыми в настоящее время и пользуемся мы с вами.

Применение фосфора в спичках дало идею употребить это вещество не для холодного огня, а для холодного тумана. Сгорая, фосфор превращается в фосфорную кислоту, которая долго плавает в воздухе в виде трудно осаждающегося тумана.

Военная техника использовала эту особенность фосфорной кислоты для применения дымовых завес. Зажигательные бомбы содержат в значительных количествах фосфор, и среди всех ужасов современной войны фосфорные бомбы, распространяющие холодный белый туман, сделались одним из обычных средств нападения и разрушения.

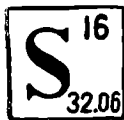
Мы не будем рассказывать о тех сложных химических превращениях, которые проходит фосфор, начиная с глубинных расплавов, тех, что, кристаллизуясь, дают тонкие иголки апатита, и кончая живыми фильтрами (микроорганизмами), улавливающими фосфор из слабых растворов морской воды.

История миграции фосфора в земной коре необычайно интересна. Судьба фосфора связывается со сложным процессом жизни и смерти, но накапливается фосфор в глубинах земли, там, где гибнет органическая жизнь, где происходит массовая гибель животных, па стыке морских течений, где создаются подводные кладбища.

Двойко накапливается фосфор в земле: или в глубинных месторождениях апатита, выделившегося из горячих расплавов магмы, или в остатках скелетных частей животных. Сложный круговорот проходит атом фосфора в истории земли. Отдельные звенья его странствований открыты химиками, геохимиками и технологами. Прошлая судьба его теряется в глубинах земных недр, его будущее — в мировой промышленности, на сложных путях технического прогресса.



СЕРА — ДВИГАТЕЛЬ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Сера является одним из самых первых известных человеку химических элементов. Она встречалась во многих местах побережья Средиземного моря и не могла ускользнуть от внимания древних народов — греков и римлян. Вулканические извержения неизменно выносили с собой огромные количества серы, и запах сернистого газа и сероводорода считался признаком деятельности подземного бога Вулкана. Чистые прозрачные кристаллы серы в крупных месторождениях были замечены за много столетий до нашей эры, а способность этого камня выделять удушливые газы казалась древним необычным свойством, и сера в их представлении была одним из основных элементов мира.

Поэтому не удивительно, что в представлениях древних натуралистов, а особенно алхимиков, сера всегда играла совершенно исключительную роль при описании процессов вулканической деятельности или образования горных хребтов и рудных жил.

Вместе с тем сера, казалось алхимикам, обладала таинственным свойством выделять новые вещества при горении и потому должна была являться одной из составных частей философского камня, который они

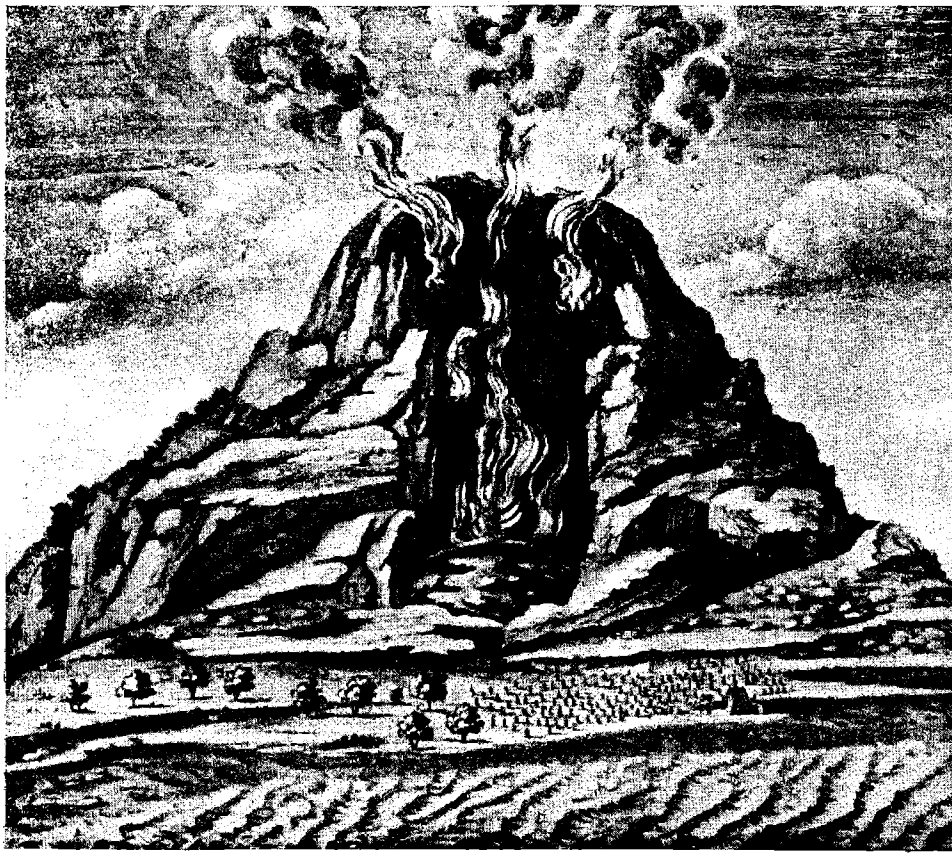
тщетно пытались найти, чтобы суметь приготовить искусственное золото.

Представление об исключительной роли серы в природе прекрасно передано в знаменитом трактате Ломоносова «О слоях земных», 1763 года. Приводим несколько мест, сохраняя богатство и звучность языка Ломоносова: «Рассуждая, тоlikое подземного огня множество, тотчас мысль обращается к познанию материи, которую он содержит»... «Что же к возгоранию удобнее серы? Что к содержанию и питанию огня ее неодолимее?»... «Какая горючая материя изобильнее оные из недр земных выходит?

Ибо не токмо из челюстей огнедышащих гор отрывается, и при



Выплавка серы в средние века.

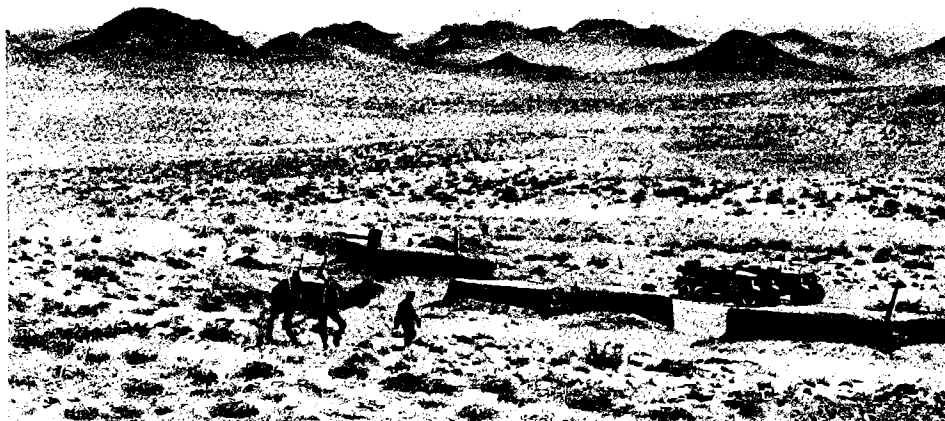


Старинная гравюра, изображающая вулкан Везувий.

горячих из земли кипящих ключах, и при сухих подземных продушинах в великом множестве собирается, но нет ни единой руды, нет почти ни единого камня, который бы через взаимное с другим трение не дал от себя серного духу и не объявил бы тем ее в себе присутствие. . . Загоревшись, великое количество серы в земном недре и расширив тяжкий воздух в пропастях, в лежащую сверху землю оным упирает, поднимает, и по разным сторонам разным количеством движения, разными образами трясения производит, и в тех местах прежде всего прорывается, где найдется меньше сопротивления, разрушенной земной поверхности легкие части выстреливают на воздух, которые, падая, окрестные поля занимают; прстчие ради великой огромности, осилив тягостью своею пламень и обрушась, гору составляют.

Видели мы, слушатели, превеликое в недрах земных огня множество, и нужное к его питанию серы изобилие, довольное к земному трясению и к производству перемен великих; бедственных, но и полезных; страшных, но и услаждения приносящих».





Серные бугры в Кара-Кумах. Туркмения.

Действительно, глубины земных недр содержат значительное количество серы и при своем охлаждении выделяют много летучих соединений различных металлов в сочетании с серой, мышьяком, хлором, бромом и иодом. Об этом мы можем судить не только по запаху, свойственному выделениям вулканов, удушливым соффионам южной Италии или облакам сернистого газа камчатских извержений: сера выносятся также и в растворах и в трещинах образует рудные жилы. Вместе с мышьяком и сурьмой, своими друзьями и спутниками в этих летучих горячих флюидах, она образует те минералы, из которых человек с древнейших времен добывает цинк и свинец, серебро и золото.

Но на земной поверхности эти темные, непрозрачные, блестящие полиметаллические руды и разного рода блески и колчеданы подвергаются воздействию кислорода воздуха и воды; последние действуют на соединения серы и образуют новые соединения, а серу окисляют в сернистый газ. Мы знаем этот газ по запаху серных спичек. Он образует с водой сернистую и серную кислоты.

Подобным образом сера и ее продукты выделяются при окислении больших колчеданных линз, разрушают окружающие породы и, соединяясь с более устойчивыми элементами, дают в конце концов гипс или другие минералы. Нужно сказать, что серная кислота, которая образуется в месторождениях колчеданов, а также и там, где добывают самородную серу, обладает разрушительными свойствами.

Вспоминается рудник Медногорск на Южном Урале, где выделения серной кислоты при окислении колчедана настолько велики, что убе-



речься от ее ядовитой деятельности нет никакой возможности, и одежда всех рабочих, занятых на этих рудниках, очень быстро разъедается до дыр.

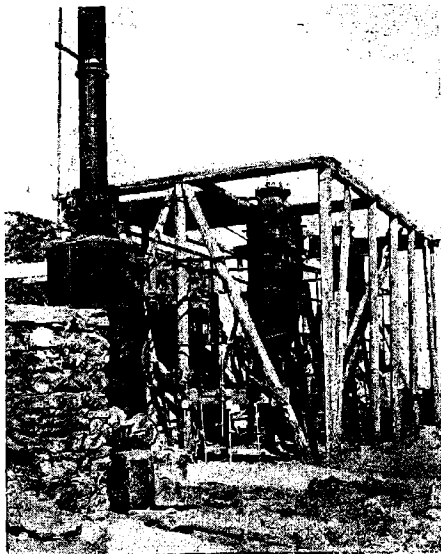
Работая в кара-кумских песках, мы не знали этого свойства серных месторождений, и когда наши образцы серной руды, аккуратно завернутые в бумагу, прибыли в Ленинград, оказалось, что бумага совершенно разъедена, от этикеток остались только отдельные обрывки, а местами оказались поврежденными даже ящики. Виновника этих бедствий, природную серную кислоту, пришлось описать как новый самостоятельный жидкий минерал. Кара-кумская руда отличается тем, что состоит из смеси песка с серой. Чтобы разделить их, инженером-химиком П. А. Волковым был предложен оригинальный способ. В котел, работающий под большим давлением, закладывают мелкую руду, наливают воду, котел герметически закрывают, в него пропускают из парового котла пар под давлением 5—6 атмосфер. Температура в автоклаве поднимается выше 120° , сера расплавляется и собирается в нижней части котла, тогда как песок и глина, взбалтываемые паром, увлекаются кверху.

Через некоторое время открывают кран, и сера спокойной струей стекает в специальные лотки. Весь процесс плавки длится около двух часов. Так просто решили советские инженеры проблему очистки кара-кумской серы.

Сера недолго остается в своем первоначальном виде: она скоро соединяется с различными металлами, образует в вулканических районах скопления алунита, белыми пятнами или полосами расходящиеся вокруг действующих вулканов.

Некоторые астрономы думают, что именно алунит составляет те белые ореолы и белые лучи, которые окружают кратеры лунных гор.

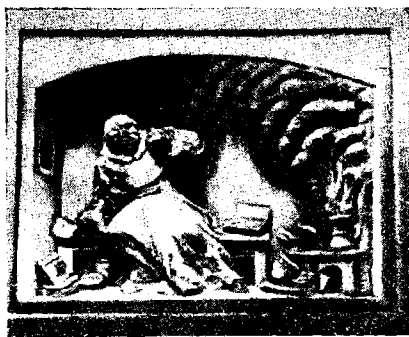
Большое количество окисленной серы находится в соединении с кальцием. Такое соединение — в природе гипс — довольно трудно растворимо в лаборатории, но зато это достаточно подвижное соединение в



Серный завод в Кара-Кумах.



Дюны из гипсового песка.



Взрыв пороха.

ной грязью и широко используем для лечения в Крыму и на Кавказе.

Огромная часть серы улетает в воздух в виде сероводорода, вновь возвращаясь в подвижную форму. И таким образом завершается один из циклов сложного круговорота этого элемента в геологической истории земли.

Но человек резко изменил пути, которые проходит сера на земле: она оказалась ценнейшим объектом промышленности. В чистом виде ее мировая добыча лишь миллион тонн в год. В соединениях с железом, из которых получается сера для кислоты, ее добывают в год десятки миллионов тонн.

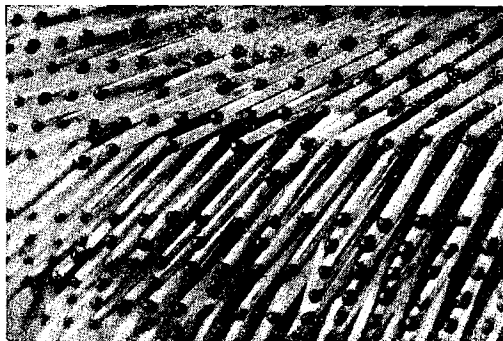
Сера сделалась основой химической промышленности, и трудно даже перечислить отрасли промышленной техники, для которых она необходима. Я назову лишь самые главные из них, но и из этих примеров будет видно, что без серы промышленность существовать не может.

Она нужна для получения бумаги, целлулоида, красок, большинства лекарств, спичек, для очистки бензина, эфира, масел, для приготовления фосфорных удобрений, купоросов, квасцов, соды, стекла, брома, иода. Без нее трудно получить азотную кислоту, соляную и уксусную, и понятно, что в истории промышленного развития с начала XIX века сера играет огромную роль. В виде серной кислоты она нужна при получении динамита, а присутствие ее в черном порохе сделало ее совершенно необходимой для огнестрельного оружия.

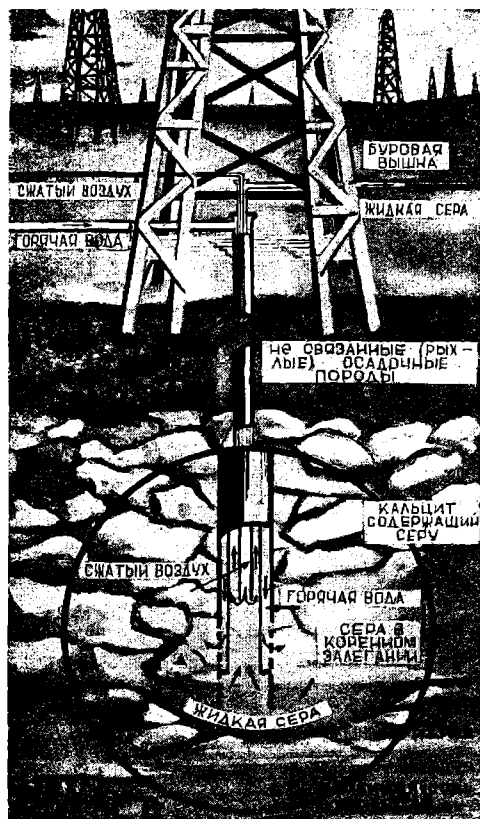
Поэтому борьба за серу проходит красной нитью через всю историю XVIII века. Долгое время единственным поставщиком серы была Сицилия. Она находилась в руках итальянского королевства, и много

земле. Однако гипс в больших количествах осаждается в виде мощных слоев в соляных озерах и усыхающих морских бассейнах.

Но на этом не заканчивается история серы на земной поверхности. Часть серной кислоты вновь превращается в газ, целый ряд микроорганизмов восстанавливает серу, из растворов ее солей образуются сероводород и летучие газы, которые выносятся нефтеносными водами в грандиозных количествах, насыщают собой воздух в болотистых низинах, а в ряде лиманов и озер образуют черную илистую массу, которую мы называем лечеб-



На спичечной фабрике. Спички перед упаковкой.



Установка для добычи серы из глубокой буровой скважины. Перегретые пары воды и сжатый воздух нагнетаются по двойным трубам в известняки, содержащие серу, и плавят ее. Жидкая сера поднимается по кольцевому пространству в трубах и выливается на поверхность, где застывает в виде огромных прямоугольных монолитов.

раз с начала XVIII века английские фрегаты бомбардировали сицилийские берега, стремясь овладеть этим богатством. Но затем шведы открыли способ получения серы и серной кислоты из колчедана. Огромные испанские месторождения колчеданов сделались объектом внимания всех европейских государств, и тогда английские фрегаты появились у берегов Испании, чтобы овладеть и этим источником серы и серной кислоты. Сицилийские месторождения были заброшены, всё внимание сконцентрировалось на Испании.

Но вот в Америке открываются первые богатейшие месторождения серы на полуострове Флорида.

В погоне за бешеной производительностью ради получения прибылей здесь был предложен на первый взгляд совершенно невероятный метод: стали накачивать в глубины перегретые пары воды, которые благодаря низкой температуре плавления серы в 119° расплавляли ее внутри земли и выталкивали в расплавленном виде на поверхность.

Удалось построить первую установку для откачки расплавленной серы, которая выбрасывалась на землю и застывала в виде громадных холмов.

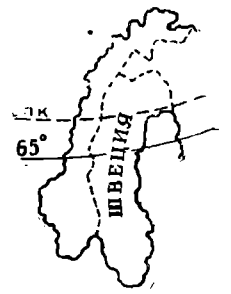
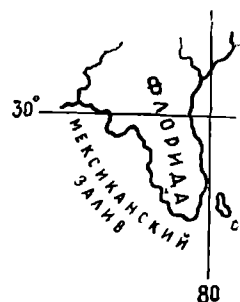
Этот метод очень производителен, и в Америке стали полу-

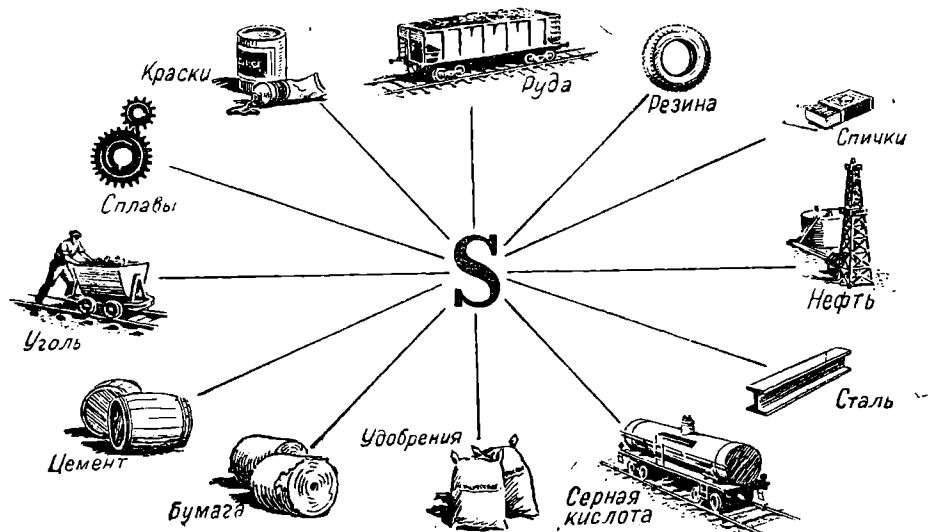
чать с его помощью грандиозные количества серы. Итальянские и испанские месторождения отошли на второй план.

Еще одно усовершенствование рождается в стране сернистых руд, в полярной Швеции. На одном из заводов стали получать серу попутно при обработке колчеданных руд.

Опять источником серы оказывается сернистый металл, и снова судьбы серной кислоты перестраиваются на новый лад.

Я рассказываю об этом, чтобы вы поняли, как сложно меняется иногда использование вещества в промышленности в зависимости от успехов технической творческой мысли. Новые методы вошли в историю науки: они коренным образом изменили технику извлечения серы, сломали ряд производственных отношений. Недаром в одном из итальян-





Участие серы в различных производствах.

ских журналов было сказано, что новые методы «убили» население Сицилии, заставив его вести полуголодную жизнь — выращивать на своих бедных плантациях апельсины и пасти коз на выжженных солнцем горных пастбищах.

Таковы результаты технического прогресса в условиях капитализма.

Творческая мысль человека ищет новые пути использования природного сырья.

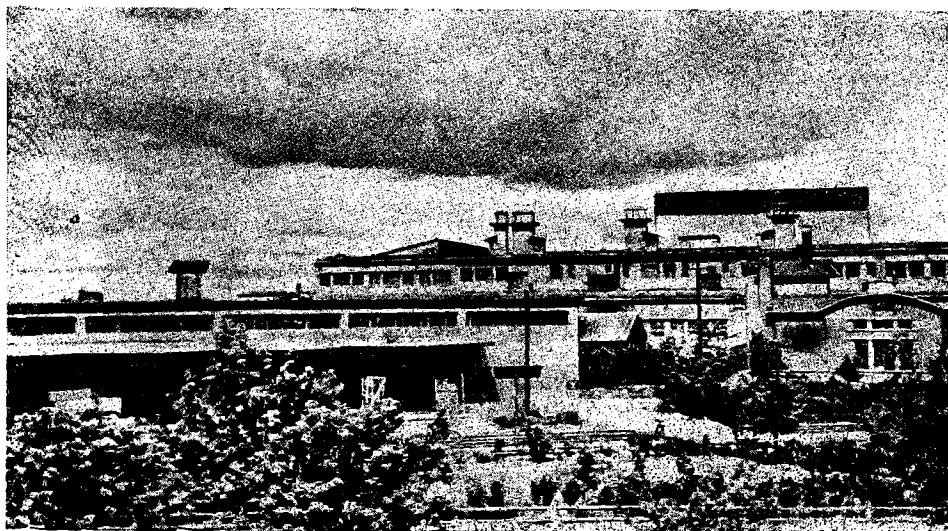
Но только при социализме она может направить богатства природы на пользу всему человечеству, для блага всего мира.



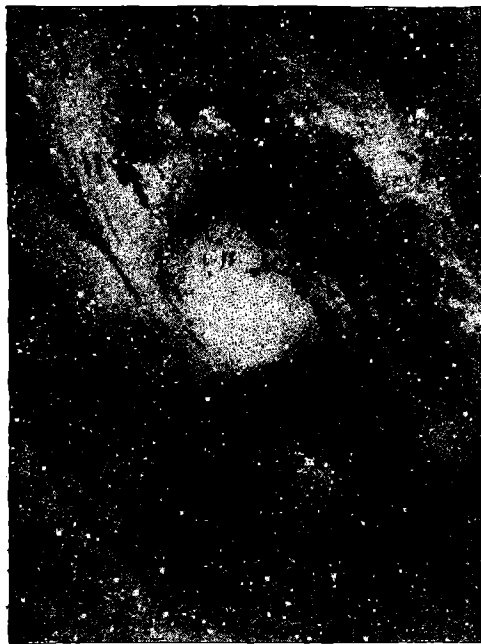
Однажды во время моего проезда через Новороссийск ко мне обратилась группа инженерно-технических работников огромных цементных заводов, расположенных около города, с просьбой прочесть у них в клубе лекцию об известняках и мергелях, которые являются основным сырьем для цемента.

Мне пришлось им ответить, что я совершенно не знаком с этой темой. Я хорошо знаю, что основой извести и цемента являются разные сорта известняков, хорошо знаю, какую ценность имеют известь и цемент; я рассказал о том, с каким трудом получали эти два нужных для жизни продукта на северных стройках.

Простую известь обыкновенно выписывали с Валдайских высот за полторы тысячи километров от новостроящихся центров, а цемент шел из Новороссийска окружной дорогой через моря Черное, Эгейское и Средиземное, Атлантический и Ледовитый океаны; рассказал им, что я поэтому прекрасно понимаю совершенно исключительное значение извести



Общий вид цементного завода.



Центральная часть большой туманности Андромеды.

в жизни и строительстве, но известняками я никогда не занимался и ничего о них не знаю.

— Тогда расскажите нам о кальции, — сказал один из инженеров, подчеркивая, что основой всех известняков является металл кальций, — расскажите о том, что из себя представляет этот металл с точки зрения геохимии, каковы его свойства, какова его судьба, где и как он накапливается и почему именно он создает красоту и богатство технических свойств мраморов, известняков и цементных мергелей.

Так появился рассказ об атомах кальция в мироздании, который я привожу ниже.

— Вы работаете в цементной промышленности, в промышленности вяжущих веществ, важнейшей отрасли строительной промышленности, для вас история атомов кальция представляет совершенно особый интерес.

Химики и физики нам говорят, что кальций занимает в Менделеевской системе совершенно особое место, его номер по порядку 20. Это значит, что он состоит из ядра, то есть из мельчайших частичек — протонов и нейтронов, и двадцати свободных отрицательно заряженных частичек, которые мы называем электронами.

Число 40 определяет собой атомный вес этого элемента, расположенного во второй группе Менделеевской системы, во втором ее ряду. В своих соединениях он требует для получения устойчивых молекул двух отрицательных зарядов. Как говорят химики, его валентность равна двум.

Вы видите, что мне пришлось при этом перечислении приводить цифры, кратные четырем. В геохимии это очень важные числа. Мы знаем и в жизни, что когда мы хотим что-либо сделать устойчивым, то мы всегда прибегаем к этим числам: стол имеет четыре ножки; устойчивое тело, всякая постройка обычно симметричны, так что правая и левая половины сходны.

Число 2 и числа 4, 20 и 40 говорят нам об исключительной устойчивости и атомов кальция, и мы не знаем даже еще тех сотен миллионов градусов, которые могут разрушить эту прочную постройку из маленького ядра и быстро несущейся вокруг него плеяды из двадцати отрицательных планет. И по мере того как астрофизики начинают понимать строение всего мира, всё более и более вырисовывается огромная роль атомов кальция в мироздании.

Вот солнечная корона в период солнечного затмения. Даже про-



стым глазом видны грандиозные протуберанцы, выбросы на расстояния сотен тысяч километров накалившихся, быстро мчащихся частиц металлов, — среди них кальций играет главную роль. Тонкими методами нашим астрономам удастся сейчас узнать, чем наполнены межпланетные пространства. Между рассеянными звездными туманностями всё мировое пространство пронизано мчащимися легкими атомами некоторых химических элементов, и снова среди них, наравне с натрием, кальций играет большую роль.

Но вот, покорные законам притяжения, какие-то мчащиеся частицы мироздания, описывая свои сложные пути, залетают к нам на землю. Они падают в виде метеоритов, и в них тоже кальций играет огромную роль.

И на нашей земле трудно себе представить какой-нибудь металл, который имел бы большее значение во всех сложных судьбах образования земной коры, создания жизни и технического прогресса.

Еще в те времена, когда расплавленные массы кипели на поверхности земли, когда постепенно отделялись тяжелые пары и, образуя атмосферу, сгущались первые капли воды, создавая великие океаны и моря, кальций, вместе со своим другом магнием, таким же плотным и прочным, таким же четным элементом (номер его 12), являлся одним из самых важных металлов земли.

В разных породах, которые тогда изливались на поверхность или застывали в глубинах, атомы кальция и магния играли особую роль. Дно больших океанов, особенно Тихого, еще и сейчас выстлано базальтовой постелью, в которой атомы кальция играют значительную роль, и мы знаем, что наши материки плавают на этой базальтовой постели, образующей как бы своеобразную тонкую застывшую кору на расплавах глубин.

Геохимики подсчитали, что в состав земной коры входят по весу 3,4% кальция и 2% магния. Они связали законы распространения кальция с замечательными свойствами самих атомов, с четностью его электронов, с удивительной устойчивостью этой прекрасной, совершенной постройки мира. Сразу же после образования земной коры начались сложные пути странствования этих атомов.



Разработка мрамора.



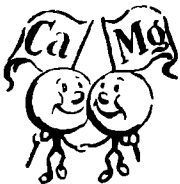
Коралловые полипы в океанах.

Извержения вулканов в эти далекие времена выносили с собой большие количества угольной кислоты. Тяжелые облака воздушной атмосферы, насыщенной парами воды и углекислоты, окружали землю, разрушая земную поверхность, снося в диких первичных бурях еще горячие массы земли. Так начался самый интересный этап в истории странствований атомов кальция.

Вместе с углекислотой кальций давал прочные, устойчивые соединения. При избытке углекислоты карбонат кальция переносился горячими водами; в холодных участках земной коры он осаждался в виде белого кристаллического порошка. Так образовывались мощные слои известняков. Там, где наносы земной поверхности накапливали остатки глины, осаждались слои мергелей. Бурные движения подземных раскаленных масс, врывавшиеся в слои известняков, обжигали их своими парами в тысячи градусов и превращали в те белоснежные горы мрамора,

гордые вершины которых сливаются со снегами.

Но вот из сложных клубков каких-то соединений углерода зародились первые комки органического вещества. Постепенно усложнялись эти коллоидальные желеобразные массы, напоминающие амёбу, рождались в них новые свойства — свойства живой клетки. Великие законы эволюции, борьбы за существование, борьбы за дальнейшее развитие рода, усложняли эти молекулы, приводили их к новым сочетаниям, и новые свойства появлялись на основе великих законов органического мира. Постепенно рождалась жизнь, сначала в виде простых клеток среди горячих морей и океанов, потом в виде более сложных многоклеточных организмов и так вплоть до самого совершенного организма на земле — человека. И в этом постепенном усложнении и росте каждого организма всё время шла борьба за создание прочного, устойчивого тела. Мягкое, упругое тело животного в ряде случаев не могло бороться против врагов, которые на каждом шагу его разрывали и уничтожали. Живое вещество в своей истории постепенной эволюции всё больше и больше нуждалось в том, чтобы себя защитить: нужна была непроницаемая оболочка вокруг мягкого тела, которая служила бы защитной броней, нужен был крепкий внутренний остов, то, что мы называем скелетом, чтобы мягкое тело могло прочно держаться на твердых костях.



И история жизни нам показывает, что в этих поисках твердого и прочного материала кальций сыграл совершенно особенную роль. Сначала в раковинки вовлекался фосфорнокислый кальций, и первые ракушки, которые встречаются в истории земной коры, были из минерала апатита.

Однако этот путь оказался не самым правильным: фосфор нужен для самой жизни, но не всюду его запасы велики, чтобы могла построиться прочная раковинка; поэтому природа в своем бессознательном ходе естественного отбора повела животный и растительный мир по иному пути: строить прочные части из других малорастворимых соединений — опала, сернокислых стронция и бария, но в особенности оказался пригодным углекислый кальций.

Правда, фосфор оказался не менее нужным; и в то время как различного рода моллюски и раки, а также одноклеточные организмы стали широко использовать углекислый кальций для своих красивых ракушек, скелетные части наземных животных стали строиться из фосфорнокислых солей, и кость человека или большого животного состоит из фосфата кальция, который довольно близок по своей природе к нашему минералу апатиту. Но сам кальций играл значительную роль и в тех и в других. Разница была только в том, что скелет человека строился из фосфата этого металла, а раковинки — преимущественно из карбоната.

Трудно себе представить более замечательную картину, чем та, которая рисуется перед натуралистом, когда он подходит к берегу, например Средиземного моря. Я помню, как еще молодым геологом я впервые попал около Генуи на скалистый берег Нерви. Я был поражен красотой и многообразием ракушек, разноцветных водорослей, раковотшельников с их красивыми известковыми домиками, различного рода моллюсков, целых колоний мшанок и различных известковых кораллов.

Я совершенно погрузился в этот чудесный мир прозрачной воды, сквозь синеву которой сверкали всеми цветами радуги разнообразные соединения всё того же углекислого кальция, и мое увлечение этим новым миром прервал осьминог, который неза-



Постройки из углекислого кальция гнезд белых муравьев — термитов. Африка.



Раковины моллюсков добываются со дна моря драгированием. Идут для цементной промышленности как чистый CaCO_3 , а также для пуговичного производства.

метно подплыл к нашему камню, и я стал его дразнить палкой.

В сотнях тысяч видов накапливался кальций в раковинах и внутренних скелетах на дне морских бассейнов. Там прихотливые остатки умерших организмов образовывали целые кладбища углекислого кальция — начало новых горных пород, целых будущих горных хребтов.

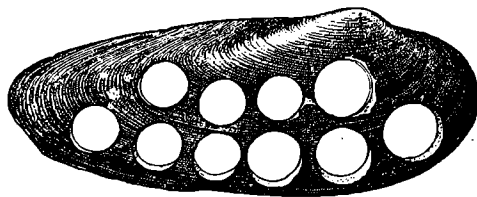
И сейчас, когда мы восторгаемся разнообразием расцветок мраморов, украшающих наши архитектурные сооружения, или на электрической станции любуемся красивым серым или белым мрамором распределительного щита, или спускаемся по лестнице метро с желто-бурыми ступенями шемардинского мраморвидного известняка, то мы не должны забывать, что во всех этих случаях начало огромных скоплений известняка положено было маленькой живой клеткой, и та сложная химическая реакция, которая улавливает рассеянные атомы кальция в морской воде, претворяет их в твердые кристаллические скелеты и волокна кальциевых минералов, которые были названы кальцитом и арагонитом.

Но мы знаем, что на этом не кончаются странствования атомов кальция.

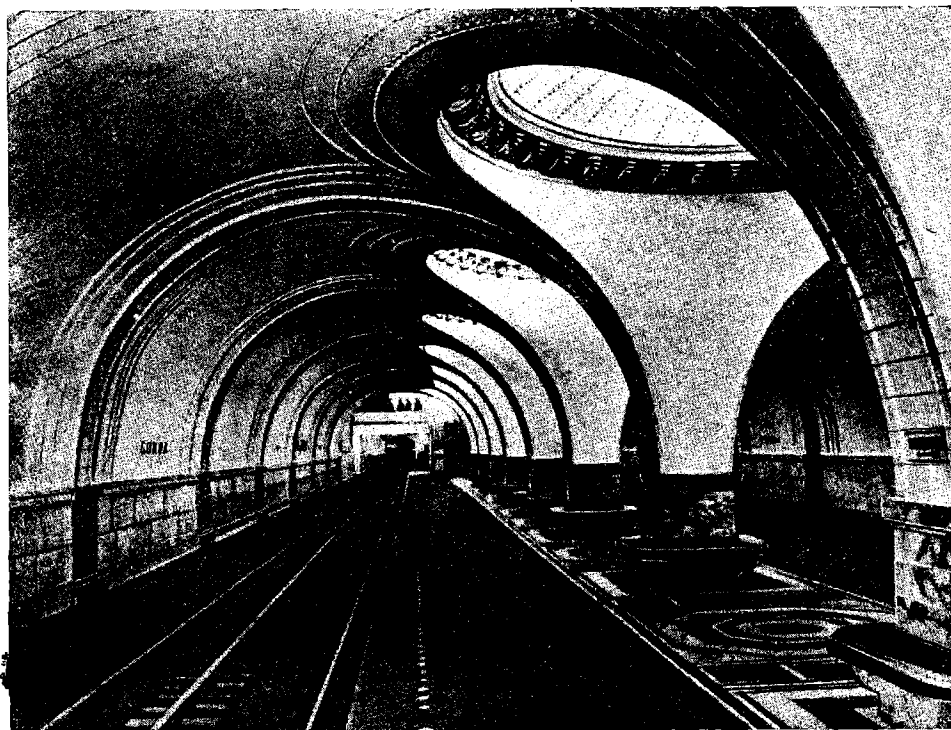
Снова воды растворяют его, снова начинают странствовать его шарообразные ионы, образуя в сложных водных растворах так называемые жесткие, богатые кальцием воды, иногда выпадая вместе с серой в виде гипса, иногда кристаллизуясь в дивные сталактиты и сталагмиты, в сложные фантастические образования известковых пещер.

Потом начинается последний этап истории странствований атомов кальция: им завладевает человек. Он не только использует мраморы и известняки в чистом виде, но в своих больших печах цементных заводов и известковых обжигательных печах он освобождает кальций от власти углекислоты, он создает при этом грандиозные количества цемента и извести, без которых не было бы нашей промышленности.

В самых сложных процессах фармацевтической, органической и неорганической химии — всюду кальций играет огромную роль, определяя собой ход процессов в лабораториях химиков, техно-



Раковина пресноводного моллюска, использованная для получения пуговиц.



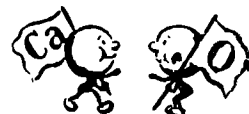
Станция «Сокол» московского метро. Облицована отечественным мрамором.

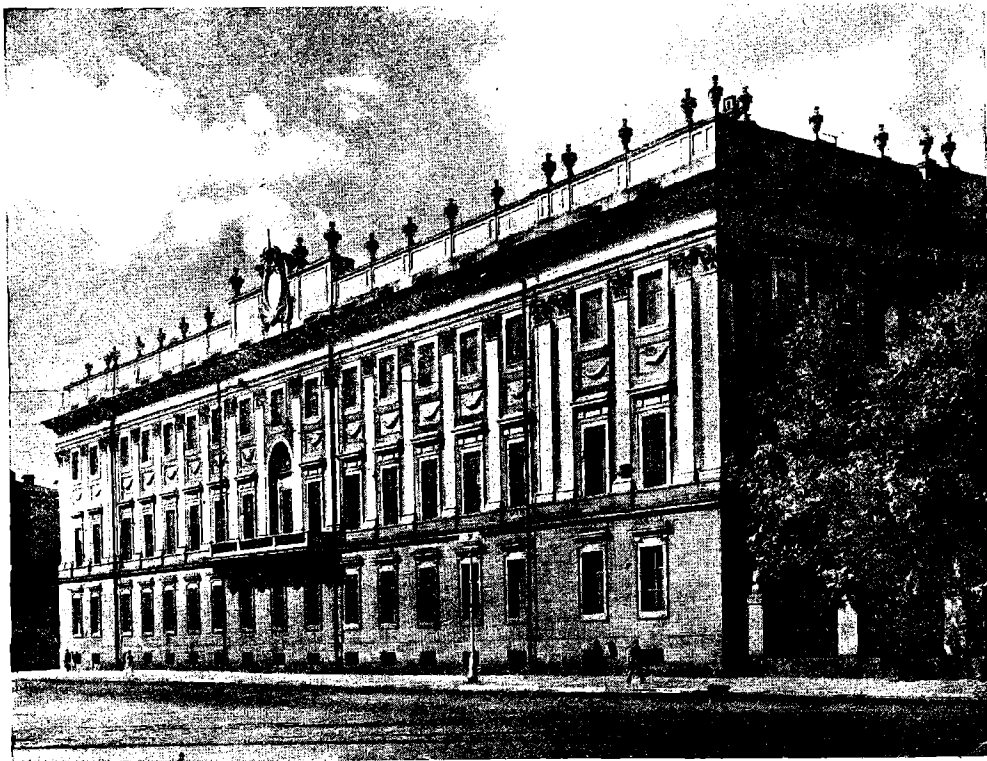
логов и металлургов. Но этого человеку сейчас мало. Кальция очень много вокруг него, можно использовать этот устойчивый атом еще для более тонких химических реакций; человек затрачивает на него десятки тысяч киловатт электрической энергии, он освобождает атомы кальция в известняке не только от углекислоты, он разрывает его связь с кислородом, он выделяет его в чистом виде, в виде блестящего, сверкающего, мягкого, упругого металла, который горит на воздухе, покрываясь белой пленкой всё той же извести.

И именно это стремление к соединению с кислородом, именно эту тесную и прочную связь, которая устанавливается между атомами металла кальция и атомами кислорода, и использует человек. Он вносит металлические атомы кальция в расплав железа, и, вместо различных других сложных раскислителей, вместо целой плеяды методов очистки чугуна и стали от вредных газов, он заставляет проделать эту работу металлические атомы кальция, внося их в мартеновские и доменные печи.

Так снова начинается путь миграции этого атома, и недолго сверкают его металлические частицы, снова они превращаются в сложные кислородные соединения, более устойчивые на поверхности нашей земли.

Вы видите, что история атомов кальция гораздо более сложна, чем мы это думаем, что трудно найти другой пример химического эле-





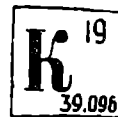
Мраморный дворец — Ленинградский филиал Музея В. И. Ленина. Всё русский мрамор!

мента, который проходил бы более сложные пути в мировом пространстве и определял бы самые важные моменты в истории зарождения наших миров и в нашей промышленной жизни.

Не нужно забывать, что кальций — один из самых энергичных и подвижных атомов мироздания, что безграничны возможности его сочетания в кристаллические постройки мира, что еще много новых открытий сделает человек, сумев использовать эти подвижные маленькие шарики для построения новых, может быть, невиданных по прочности минералов для роста хозяйства и культуры.

Но для этого нужно еще много работать, нужно вдумываться в природу этого симметричного клубка, надо быть вдумчивым химиком и физиком, чтобы быть хорошим геохимиком, и надо быть знатоком геохимии, чтобы наметить новые пути в геологии. Надо обладать всеми этими знаниями — химии, физики, геологии, чтобы быть хорошим технологом и понимать те еще не открытые пути промышленности, которые приведут к новым победам над природой.





Калий — характерный щелочной элемент, занимающий своеобразное место в Менделеевской таблице, в первой ее группе. Это типичный нечетный элемент, так как характерные его показатели нечетны: атомный номер, то есть число электронов, из которых складывается электронная оболочка, — 19, атомный вес — 39. Он образует прочные связи лишь с одним атомом галоида, например хлора; как мы говорим, его валентность равна единице. И, как нечетный элемент, калий вместе с тем характеризуется значительной величиной своих заряженных частиц шарообразной формы, а это, вместе с его нечетностью, вызывает постоянное стремление к странствованию, подвижность его заряженных электрических клубков.

Не удивительно поэтому, что вся история калия в земле связана, так же как и судьба его друга натрия, с исключительно сложными превращениями. Свыше ста минералов образует он в твердой земной коре и входит в небольшом количестве еще в сотни других минеральных видов. Его среднее содержание в земной коре приближается к 2,5%. Это цифра большая, и она показывает, что калий вместе с натрием и кальцием принадлежит к преобладающим элементам.

История калия в сложной геологической истории нашей планеты очень интересна. Она изучена детально, и мы можем сейчас нарисовать все пути, которые проходят атомы калия, пока они снова не вернутся к началу своих странствований, завершив еще один сложный жизненный круговорот.

Когда застывают в глубинах расплавленные магмы и отдельные элементы распределяются в них по своей подвижности, своей способности к образованию летучих газов или, наоборот, подвижных легкоплавких частиц, калий принадлежит к последним. Он не выпадает в первых кристаллах, которые раньше других образуются в глубинах нашей земли, мы почти не встречаем его в зеленых оливиновых глубинных породах, из которых сложены сплошные пояса земных недр. Даже в базальтовых массах, которые подстилают океаны, калия мы встречаем не больше чем 0,3%.

В сложной кристаллизации расплавленных магм, в верхних их частях, накапливаются более подвижные атомы земли, здесь больше мелких сильно заряженных ионов кремния и алюминия, здесь много нечетных атомов щелочей калия и натрия и летучих соединений воды. Из этих расплавленных остатков образуются те горные породы, которые



Самосадочная соль в бассейне Караколинского промысла в Таджикистане.

мы называем гранитами. Они покрывают громадные участки земной поверхности, представляя собой плавающие на базальтах материки.

Граниты застывают в глубинах земной коры, и калий накапливается в них в количестве почти 2%, входя, главным образом, в состав минерала, который мы называем ортоклазом. Калий входит также в состав хорошо нам известных слюд, черных и белых; в иных местах он накапливается в еще большем количестве, образуя крупные кристаллы белого минерала — лейцита, которого особенно много в богатых калием лавах Италии, где он и добывается для получения калия и алюминия.

Таким образом, колыбелью атомов калия на земле являются граниты и кислые лавы изверженных горных пород.

Мы знаем, как на поверхности земли они разрушаются водой, воздухом, угольной кислотой, которой насыщены атмосфера и вода, как внедряются в них корни растений, разъедая отдельные минералы выделяемыми кислотами.

Тем, кто бывал в окрестностях Ленинграда, приходилось видеть, как легко разрушаются граниты на выходах и в валунах, как выветриваются их минералы, тускнеет порода, и чистые кварцевые пески в виде дюн накапливаются в остатке от некогда мощных гранитных массивов. Разрушается при этом и полевои шпат; грунтовые воды земной поверхности извлекают из него атомы натрия и калия, и образуются своеобразные сложные породы, которые мы называем глиной.

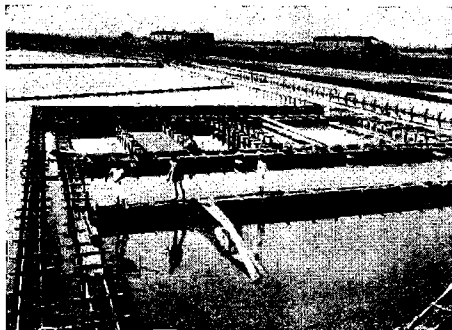
С этого момента начинаются новые пути странствования наших двух друзей — калия и натрия. Впрочем, они друзья только до этого момента, ибо после разрушения гранита у каждого из них начинается своя собственная жизнь. Натрий легко вымывается водами, его шаровые ионы ничем и никем не задерживаются в окружающей илистой обстановке глин и осадков. Они выносятся ручьями и реками в большие моря и там образуют хлористый натрий, который мы называем поваренной солью и который является главным исходным продуктом всей нашей химической промышленности.

Но судьба калия иная. В морских водах мы находим его лишь в небольших количествах. В самих породах натрия и калия содержится примерно одно и то же число атомов, но из тысячи атомов калия только 2 доходят до морских бассейнов, а 998 остаются поглощенными в почвенном покрове, в илах, в осадках у берегов морских бассейнов, болот и рек. Почва поглощает калий, и в этом ее чудодейственная сила.

Известный русский почвовед академик Гедройц первый разгадал геохимическую природу почвы. Он нашел в ней те частицы, которые задерживают различные металлы, в особенности калий, и доказал, что плодородие почвы сильно зависит от атомов калия, которые связаны в ней так легко и так свободно, что каждая клетка может легко их поглотить и использовать для своей жизни. И вот, поглощая эти плохо закрепленные, как бы свободно висащие на ниточках атомы калия, растение создает свои ростки.



Добыча морской соли в Крыму.



Испарительные бассейны на Сакских промыслах в Крыму, где идет выпаривание рапы, богатой калием и бромом.

Впрочем, не только растениям необходим калий, — в животные организмы он входит также как существенная часть. Так, например, в мускулах человека калий преобладает над натрием. Особенно много калия в мозгу, печени, в сердце и почках. Можно отметить, что калий особенно важен в те моменты, когда организм растет, у взрослого человека потребность в калии значительно уменьшается.

В организме человека калий играет особую, еще не вполне разгаданную роль возбудителя работы сердца. Наоборот, элемент натрий успокаивает сердечную деятельность.

Поэтому организм стремится всегда поддерживать постоянную концентрацию солей в своей крови. Человек теряет с потом и другими выделениями за сутки ровно столько соли, сколько он ее съедает.

Благодаря такой удивительной связи элементов — регуляторов работы сердца — возникают поразительные парадоксы. Так, при необыкновенной жаре, например в горячих цехах, чтобы прекратить изнурительную жажду и улучшить работу сердца, тем, кто теряет с потом много солей, дают щепотку соли или селедку, — и жажда прекращается.

Из почвы калий начинает один из циклов своей миграции. Он извлекается корнями растений, накапливается в их отмерших остатках, переходит частью в организм животного или человека и вновь, в переносное, возвращается в почву, из которой его извлекла живая клетка.

Большая часть калия проходит именно этот путь, но отдельным атомам удается достигнуть больших океанов и вместе с другими солями обусловить соленость морской воды, хотя в ней всё же атомов натрия в сорок раз больше, чем калия. Здесь начинается второй цикл странствования атомов калия.

Когда большие области океанов начинают высыхать под влиянием движений земной коры, от них отделяются или мелководные моря, или отдельные озера, лиманы, лагуны, заливы, — образуются соляные озера вроде Сак или озер Евпатории на побережье Черного моря. В жаркие летние месяцы испарение оказывается настолько сильным, что соль из воды выпадает, выбрасывается волнами по берегам, накапливается иногда на дне совершенно высохших озер в виде сверкающей белой пелены. При этом соли выпадают в определенной последовательности: сначала на дне кристаллизуется углекислый кальций, потом гипс (сернокислый кальций), затем хлористый натрий, то есть поваренная соль, а потом на дне остается необычайно насыщенный солями рассол, который у нас на юге называется «рапой» и в котором содержится десятки процентов различных солей, и особенно соли калия и магния.

При этом калий оказывается еще более подвижным, чем натрий, проявляются его свойства больших шаровых атомов, и он продолжает свои странствования, пока еще более горячее дыхание солнца до конца не выпарит озерные чаши и на поверхности соляных месторождений не

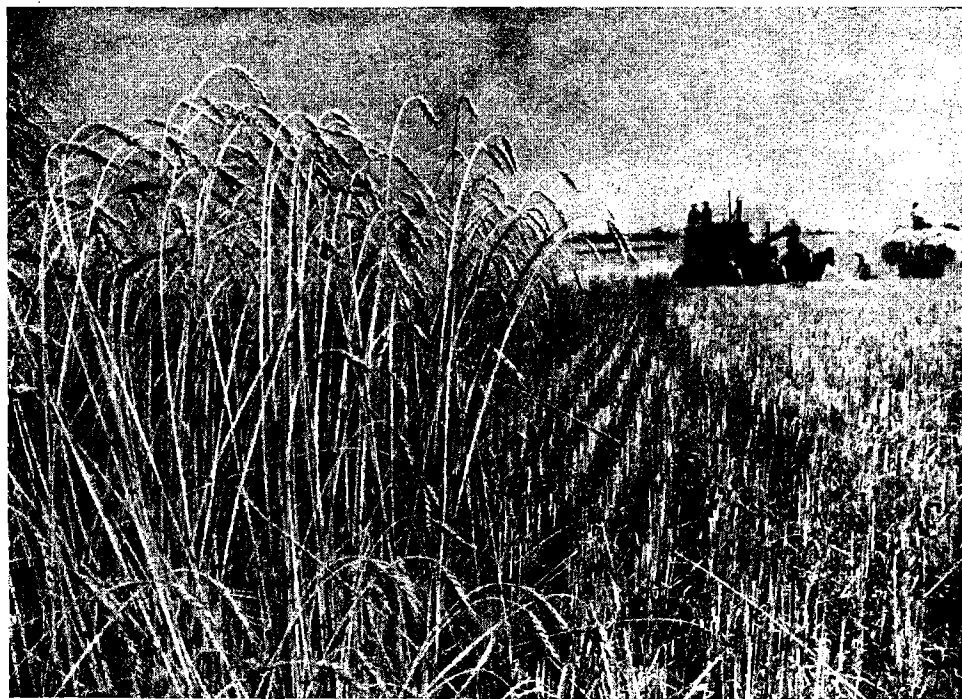


выпадут белые и красные калиевые соли, — так образуются калиевые месторождения.

В земной коре возникают иногда крупнейшие скопления калиевых солей, которые ищет человек для своей промышленности. Здесь уже не таинственные силы почвы, не растения определяют пути калия, но солнце южных стран накапливает его на берегах соляных озер. Здесь сам человек является агентом нового громадного цикла странствования его атомов.

Ровно сто лет тому назад Иоганн Либих, наблюдая роль калия и фосфора в растениях, сказал крылатые слова: «Без этих двух элементов не может быть плодородия наших полей». Ему пришла тогда в голову фантастическая для тех времен мысль, что нужно удобрять поля, искусственно вносить в них разные соли — калий, азот, фосфор, — рассчитав, сколько их нужно для того, чтобы растение могло жить.

Его идея была встречена с недоверием сельскохозяйственными кругами 40—50-х годов прошлого столетия, она казалась «затеей ученого», тем более что калиевая селитра, привозившаяся на парусных судах из Южной Америки, которую он предлагал использовать для удобрения, не находила себе сбыта по дороговизне. Источников фосфора не было известно, ибо предлагавшийся Либихом размол костей давал слишком дорогие удобрения. Да и о калии не знали, как его использовать, и только изредка собирали золу растений и рассеивали ее по полям. У нас на Украине издавна сжигали остатки стеблей кукурузы,



Урожай с полей, удобренных солями калия, фосфора и азота.



а полученную золу рассеивали по полям, дойдя собственным умом, без всякой науки, до мысли о роли этой золы для урожая.

С тех пор прошло много лет, и вопросы удобрения превратились в одну из важнейших задач всех государств; плодородие почв в значительной степени стало зависеть от того, сумеет ли человек внести в них достаточное количество тех веществ, которые растения извлекали из почвы и которые человек увез с полей в виде зерна, соломы и плодов. И оказалось, что сейчас калий сделался одним из самых нужных элементов мирного труда и сельского хозяйства.

Достаточно сказать, что такие страны, как Голландия, расходовали в 1940 году на гектар до 42 тонн окиси калия. Правда, в других странах эта цифра значительно меньше, в Америке она всего около тонны на гектар.

Наши крупные агрохимики говорят, что мы должны рассеивать на полях в год не менее одного миллиона тонн окиси калия.

И перед человечеством встала задача — найти крупные месторождения калиевых солей, научиться их добывать и готовить из них удобрения.

Долгое время всей калиевой промышленностью мира владела Германия. На восточных склонах Гарца были открыты месторождения знаменитых стассфуртских солей, и соли калия из северной Германии расходились по всем странам сотнями тысяч поездов.

С этим не могли мириться те государства, для которых сельское хозяйство являлось жизненным нервом страны. Много лет, много сил и энергии потратила Северная Америка, пока она открыла у себя небольшое калиевое месторождение; некоторого успеха добились французы, открыв в долине Рейна калиевые залежи; в поисках калия стали использовать калиевые минералы из изверженных пород Италии. Но всё это было ничтожно по сравнению с тем количеством, которого требовали культурные, но истощенные почвы.

Много лет и русские исследователи стремились найти на территории нашей страны месторождения калия. Отдельные догадки не давали результатов, пока упорный труд целой школы молодых химиков под руководством академика Н. С. Курнакова не привел к открытию самых грандиозных в мире месторождений калия. Находка произошла случайно, но случайность в научной работе обычно всё же связана с долгим подготовительным трудом, а «случайное открытие» почти всегда является просто последним шагом в долгой борьбе за определенную мысль, наградой за упорные, долгие поиски.

Так было и с открытием калия. Академик Курнаков изучал много десятков лет соляные озера нашей страны, и его мысль упорно искала — где можно найти в недрах земли остатки древних калиевых озер. Работая в химической лаборатории над составом соли старых соляных варниц Пермского края, Николай Семенович Курнаков подметил в некоторых случаях повышенное содержание калия.

При посещении одной из варниц он обратил внимание на маленький кусочек буровато-красного минерала, который ему напомнил красные калиевые соли — карналлиты германских месторождений. Правда, работники на самой варнице не были уверены, откуда был получен этот кусочек, не является ли он образцом из той коллекции солей, которая ими была получена из Германии. Но академик Курнаков взял этот ку-

сочек, положил его в карман и приехал обратно в Ленинград. Там он подверг его анализу, и, к общему удивлению, этот кусочек оказался хлористой солью калия.

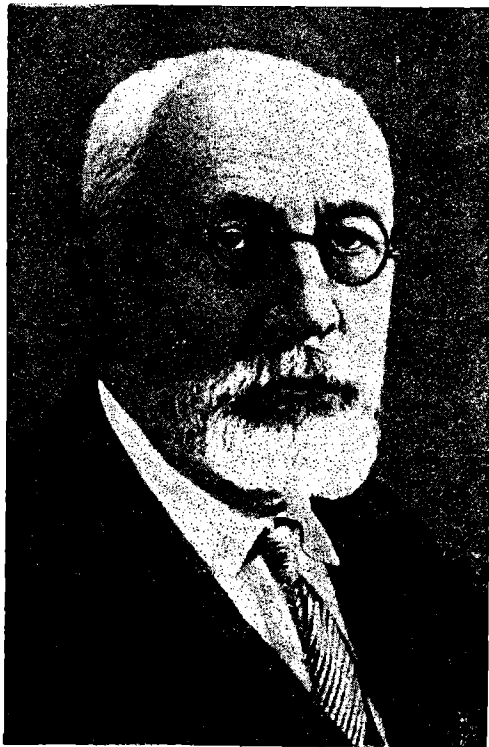
Первая находка была сделана, но этого еще мало, надо было доказать, что этот калий добыт из глубин Соликамского края и что его там содержатся большие количества. Надо было заложить буровую скважину, надо было в трудных условиях двадцатых годов достать из глубины соль и изучить ее состав.

За это взялся один из крупнейших геологов Геологического комитета, П. И. Преображенский. Он указал на необходимость закладки глубоких скважин, и вскоре эти скважины вошли в мощные слои калиевых солей, открыв новую эру в истории калия на всей земной поверхности.

И сейчас, когда прошло несколько десятков лет с момента этого исторического открытия, мы имеем совершенно новую картину распределения запасов калия среди всех стран земли. Больше всего запасов падает на долю Советского Союза, на Германию всего только 2 500 миллионов тонн, на Испанию 350 миллионов, на Францию 285 миллионов, на Америку и другие страны совсем немного. При этом далеко не всё количество калия разведано в калиевых месторождениях Советского Союза.

Весьма вероятно, что наш Союз скоро еще увеличит свои запасы, и раскроются грандиозные картины миграции калия в древних пермских морях за 300—400 миллионов лет до наших дней.

Сейчас нам так представляется это отдаленное прошлое геологической истории нашей страны. Древнее пермское море охватывало весь восток Европейской части Союза. Море это было мелководной южной частью океана, заходившего к нам с севера. Отдельные его заливы, языки, заходили под самый Архангельск и к Белому озеру, под Новгород. На востоке границей моря служил Уральский хребет, на юго-западе длинные рукава протягивались к Донецкому бассейну и к Харькову. На юго-востоке оно уходило далеко на юг, в область Прикаспия. Некоторые ученые полагали даже, что наше русское пермское море в начале своего существования сливалось и с тем великим океаном Тетис, который опоясывал землю в далекие времена пермской эпохи. Этот большой океан постепенно мелел, образуя по берегам отдельные озёра, влажный климат сменялся ветрами и солнцем пустынь.



Геолог П. И. Преображенский.





Сильвинит — порода, состоящая из слоев сильвина и галита. Соликамское месторождение.

Молодые Уральские хребты разрушались мощными горячими ветрами, — всё сносилось к берегам умиравшего пермского моря. Море отходило на юг. На севере в озерах и лиманах накапливались гипс, поваренная соль. А на юге всё увеличивалось и увеличивалось содержание солей калия и магния, и рапа, которую получает искусственно человек в осадочных бассейнах, например на Сакском озере, накапливалась на юго-востоке, постепенно образуя отдельные, насыщенные остаточными солями калия и магния, неглубокие моря и озера.

Стали возникать отложения калиевых солей. Всюду буровые скважины наталкиваются на подземные мощные линзы поваренной соли, а в их верхах — и на соли калия.

Так благодаря маленькому кусочку буровато-красной соли, подмеченному зорким глазом ученого в лаборатории завода, была решена одна из самых грандиозных проблем — обеспечение СССР запасами калия. В нашей стране не только явилась возможность полностью снабдить удобрениями поля и повысить их урожайность, но перед нами встала важнейшая задача создания новой, калиевой химической промышленности, возникли возможности получения самых разнообразных солей калия, столь нужных для химического производства. Это калиевые щелочи и соли азотной, хлорной и хромовой кислот, — это самые разнообразные соединения, которые всё шире и шире входят в промышленность и народное хозяйство. Вместе с калием большие количества металла магния получают в виде отбросов, из них путем электролиза выделяется сверкающий легкий металл, а сплав его, так называемый «электрон», открывает новые страницы в области строительства железных дорог и самолетов.

И осуществляется сейчас мечта агрохимиков нашей страны — добывать в год столько тонн окиси калия, чтобы снабжать этим ценным веществом все наши поля и этим увеличить урожай.

Так рисуется перед нами история калия в земле и в руках человека.

Но есть еще одна маленькая черта у этого элемента, на которую следует обратить внимание. Любопытно то, что один из изотопов калия обладает свойствами радиоактивности, правда, в очень слабой степени, то есть он оказывается неустойчивым, сам по себе выделяет различные лучи и превращается в атомы другого вещества, которое при дальнейших группировках образует атомы кальция.

Долгое время это явление не было доказано, но потом оказалось, что действительно этот самый калий 41 играет большую роль в жизни земли, так как при превращении неустойчивых атомов калия в атомы кальция выделяется значительное тепло. Наши радиологи подсчитали, что по крайней мере 20% всего тепла, которое образуется в земле под



влиянием распада атомов, о чем будет подробнее говориться дальше, относится к солям калия, а отсюда и огромная роль распада атомов калия в тепловом хозяйстве нашей земли.

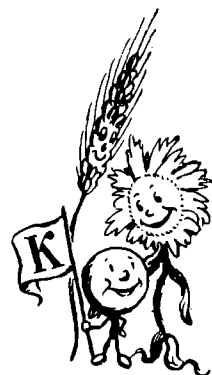
Понятно, что биологи и физиологи попытались применить эти свойства и к проблеме жизни самого растения и высказали мысль, что чудодейственная и непонятная любовь растений к калию связана с тем, что атомы калия своими излучениями играют какую-то особую роль в жизни и росте клетки.

Много было сделано опытов в этом направлении, но до сих пор они не привели к каким-либо определенным результатам. По всей вероятности, роль этих разлагающихся атомов калия и их излучений в живых клетках весьма значительна и вызывает ряд особенностей в росте и развитии клетки и самого организма.

Таковы странички из геохимии калия, этого нечетного блуждающего химического элемента. Такова история его странствования, замыкающегося в сложный круговорот на земле.

О каждом химическом элементе можно рассказать такую же историю его странствований в недрах, на поверхности земли, в промышленности человека, но для многих из них отдельные звенья истории ускользают пока от взоров исследователя; для многих можно написать лишь отдельные отрывки, и историку-геохимику будущего принадлежит задача свести их в стройный, последовательный рассказ. Для калия — его история более ясна, потому что все эпохи в жизни этого важного элемента для нас очевидны.

Мы владеем не только знанием его истории, но имеем в своих руках могучее орудие для поисков его месторождений, для технологии его использования, и таинственной остается для нас еще только его роль в живом организме, — пожалуй, самая интересная и самая важная страница его истории.





Железо не только самый главный металл окружающей нас природы, — оно основа культуры и промышленности, оно орудие войны и мирного труда. И трудно во всей таблице Менделеева найти другой элемент, который был бы так связан с прошлыми, настоящими и будущими судьбами человечества. Прекрасно говорит о железе один из первых минералогов древнего Рима Плиний Старший, который погиб в 79 году нашей эры во время извержения Везувия, задушенный «прахом и пеплом, изверженными из огнедышащей горы», как писал о нем минералог Василий Севергин более ста лет тому назад.

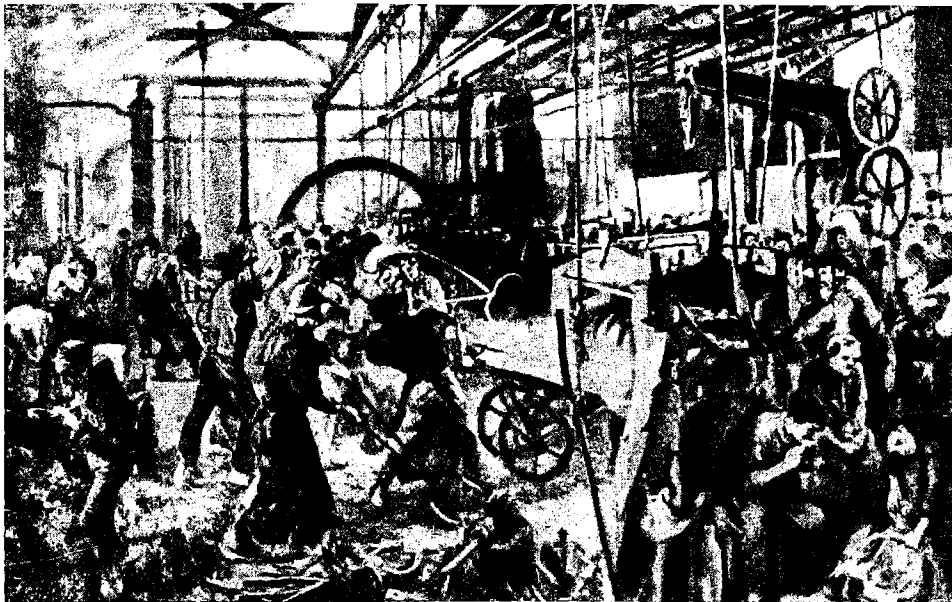
В умелом его переводе мы читаем яркие страницы из истории железа, как она рисовалась Плинию во времена древнего Рима: «Железные рудокопы доставляют человеку превосходнейшее и зловреднейшее орудие. Ибо сим орудием прорезываем мы землю, сажаем кустарники, обрабатываем плодовые сады и, обрезывая дикие лозы с виноградом, понуждаем их каждый год юнеть. Сим орудием выстраиваем дома, разбиваем камни и употребляем железо на все подобные надобности. Но тем

же самым железом производим брани, битвы и грабежи и употребляем оное не только вблизи, но мещем окрыленное вдаль, то из бойниц, то из мощных рук, то в виде оперенных стрел. Самое порочнейшее, по мнению моему, ухищрение ума человеческого. Ибо, чтобы смерть скорее постигла человека, соделали ее крылатою и железу придали перья. Того ради да будет вина приписана человеку, а не природе».

Через всю историю человечества проходит борьба за железо, начиная с IV—III тысячелетия до нашей эры, когда человек впервые научился владеть этим металлом. Может быть, вначале он подбирал упавшие с неба камни — метеориты и их обрабатывал в изделия, подобно тому как это мы встречаем и у ацтеков Мексики, и у индейцев Северной Америки, и у эскимосов Гренландии, и у обитателей Ближнего Востока. Недаром существует древняя



Алхимический знак железа, употреблявшийся в средние века.



Картина старого железного завода (начало XVIII века).

арабская легенда о том, что железо небесного происхождения. На коптском языке оно даже называется «камнем неба», арабы же, повторяя древние сказания египтян, говорили, что с неба падают в Аравийскую пустыню капли золота, на земле золото превращается в серебро, а потом в черное железо — в наказание за борьбу племен за овладение небесным даром.

Долгое время железо не могло иметь широкого распространения, так как выплавлять его из руд было трудно, а камней, падающих с неба, метеоритов, было мало.

Только с первого тысячелетия нашей эры человек научился выплавлять его из железных руд, и на смену бронзовому веку пришел тот век железа, который в истории культуры продолжается до наших дней.

В сложной исторической жизни народов борьба за железо, как и за золото, играла всегда огромную роль, но настоящее овладение железом было невозможно ни для металлургов средних веков, ни для алхимиков, а началось оно только с XIX века, постепенно всё разрастаясь, пока железо не превратилось в важнейший металл промышленности. С развитием металлургии мелкие железные сыродутные печи сменились домнами, на их месте выросли грандиозные доменные гиганты производительностью в тысячи тонн, которыми мы любуемся в Магнитогорске.

Месторождения железных руд стали основой богатства отдельных стран. Грандиозные запасы железа в несколько миллиардов тонн в Лотарингии явились причиной борьбы капиталистов. Мы знаем, как в семидесятых годах прошлого века шла борьба между Францией и Герма-



Домна Магнитогорского завода.

Цифры роста добычи чугуна и стали достигают сейчас многих миллионов тонн в год.

В годы войны во время отдельных сражений железо выпускалось в снарядах и бомбах в количествах, равных целым месторождениям. Например, сражение при Вердене (1916 год) превратило поля укрепленного района в целое новое месторождение стали.

Это не удивительно, потому что в этой битве были дни, когда орудия выпускали в час по сто-двести тысяч тяжелых снарядов, несущих до полутонны металла.

В борьбе за металл постепенно развиваются новые пути современной металлургии.

Часто железо и сталь заменяются новыми сортами высококачественной стали, и редкие металлы — хром, никель, ванадий, вольфрам и ниобий, — добавленные в сплавы в количествах десятых долей процента, укрепляют свойства металла, делая его твердым, неподатливым и устойчивым в производстве.

В борьбе за улучшение металла, за новые химические реакции, в огромных домнах и сталелитейных

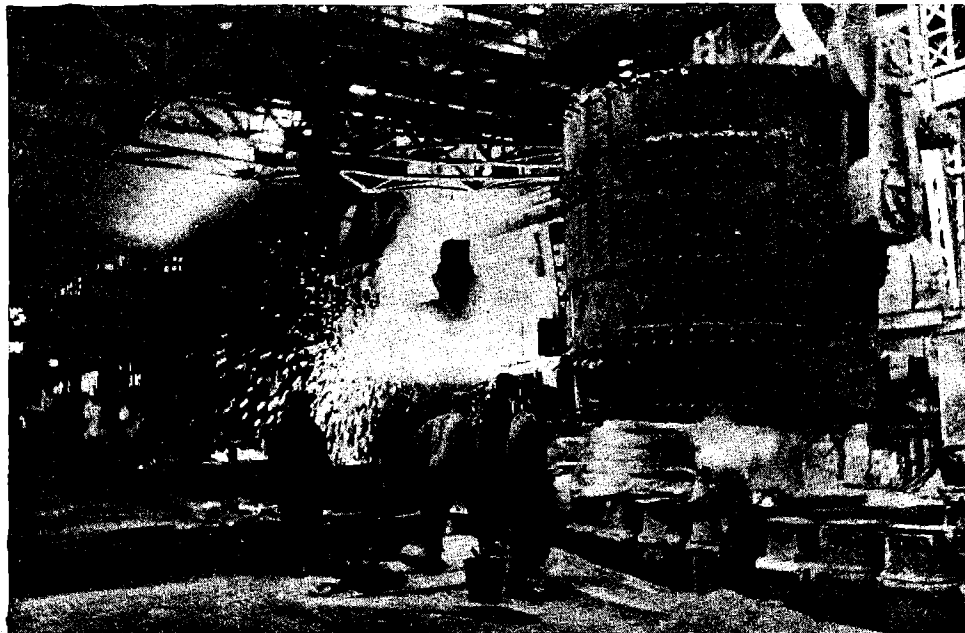
кузницах за овладение миллиардными запасами руд Рейнских месторождений.

На наших глазах прошли эпизоды борьбы Англии и Германии за Кирунавару, за тот замечательный рудник полярной Швеции, который дает в год до 10 миллионов тонн превосходных железных руд. Мы знаем, как постепенно открывала свои железные богатства Россия и овладевала ими, начиная с Кривого Рога и Урала и кончая грандиозными запасами железа в месторождениях Курской аномалии.

Многочисленные месторождения покрывают поверхность нашей страны, создавая мощь ее промышленности, давая металл для рельсов, мостов, паровозов, сельскохозяйственных машин и других орудий мирного труда.



Жеода лимонита (бурого железняка) из Бакальского рудника на Южном Урале. Образовалась за счет разложения углекислого железа (сидерита). Хранится в музее Горного института в Свердловске.



Разливка стали на современном металлургическом заводе.

цехах решается одна из основных задач человечества в борьбе за железо. Железо уходит из его рук: это не золото, которое накапливается в сейфах и банках и лишь незначительная часть которого теряется, распываясь. Железо неустойчиво на поверхности земли, в окружающей нас обстановке; мы сами знаем, как оно легко покрывается ржавчиной. Достаточно мокрый кусок железа оставить на воздухе, чтобы он очень скоро покрылся ржавыми пятнами; достаточно не окрасить железную дыра. Мы находим в земле железные орудия старых веков, превращенные в бурые водные окислы: копья, стрелы, броня — всё это гибнет, подчиняясь единому химическому закону окисления железа под влиянием кислорода воздушной стихии. И перед человечеством стоит исключительной важности задача бороться за сохранение железа.

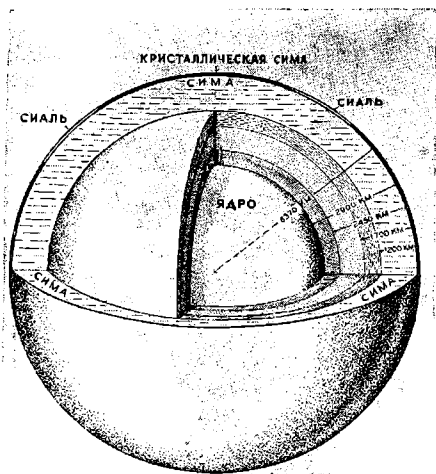
Человек борется не только улучшением качества металла теми добавками, о которых я говорил, он борется тем, что покрывает его слоем цинка или олова, превращая в жёсть, хромирует и никелирует ответственные части машин, красит его различными красками, обрабатывает фосфорными солями. Различными методами борется человек, чтобы предохранить железо от окисляющей деятельности окружающей нас влаги и кислорода. И надо сказать, что ему это очень трудно дается, он придумывает новые методы, применяя цинк, кадмий, он выискивает вместо олова другие заменители. Но природные химические процессы идут стихийно, и чем больше будет человек добывать железа из земных недр, чем шире он будет развивать черную металлургию, тем всё нужнее будет работа об охране этого металла.



Как странно говорить об охране металла — железа, когда, казалось бы, его так много около нас. А между тем недавно собирались большие геологические конгрессы, где геологи, подсчитав запасы железных руд, указывали на грядущий железный голод, они предсказывали, что через 50—70 лет иссякнут мировые месторождения и человечество должно будет заменить этот металл другим. Они говорили о том, что бетон, глина и песок заменят железо в строительстве, промышленности и жизни. Но время прошло, и как будто уже приближаются годы истощения запасов, а геологи открывают всё новые и новые месторождения железа. Запасы железных руд в Советском Союзе вполне удовлетворяют нашу промышленность, и не видно конца новым открытиям их.

Железо принадлежит к важнейшим металлам мироздания. Мы видим его линии во всех космических телах, они сверкают нам в атмосферах раскаленных звезд, мы видим бурные атомы железа, мятущиеся на солнечной поверхности, они падают к нам ежегодно на землю в виде тонкой космической пыли, в виде железных метеоритов. В штате Аризона, в Южной Африке, у нас в бассейне Подкаменной Тунгуски упали грандиозные массы самородного железа, этого важнейшего металла мироздания. Геофизики утверждают, что весь центр земли состоит из массы никелистого железа и что наша земная кора есть такая же окалина, как те стекловидные шлаки, которые вытекают из доменной печи во время выплавки чугуна.

Но для промышленности не доступны еще ни грандиозные массы железа из космоса, ни залежи из глубин нашей планеты, — мы живем и работаем на тоненькой пленке земли, и нашей металлургии приходится рассчитывать лишь на несколько сотен метров глубины, до которой современное горное искусство позволяет извлекать железные руды.



Геохимики, между тем, раскрывают нам историю железа. Они говорят о том, что даже земная кора на 4,5% состоит из железа, что из металлов только алюминия больше в окружающей нас природе, чем железа. Мы знаем, что оно входит в состав тех расплавленных масс, которые в виде оливинowych и базальтовых пород застывают в глубинах как самые тяжелые и первозданные породы (сима).

Мы знаем что сравнительно мало железа остается в гранитных породах (силь), их светлые — белые, розовые, зеленые — краски говорят, что в гранитах содержание железа невелико. Но на земной поверхности сложные химические реакции всё же накапливают огромные запасы железной руды. Одни из них

Схема строения земного шара. Сима — породы, богатые кремнием, магнием и железом (типа базальта). Силь — породы, богатые кремнием и алюминием (типа гранитов). Ниже симы расположены рудная оболочка и железное ядро.

образуются в субтропиках, там, где периоды тропических дождей сменяются яркими солнечными днями знойного лета. Там всё растворимое вымывается из горных пород, и образуются большие скопления — корки руд железа и алюминия.

Мы знаем, как на дне озер северных стран, Канады и нашей Карело-Финской Республики, бурные воды весной выносят с собой огромные количества железа из разных горных пород, а на дне озер осаждаются горошинки или целые стяжения железа при помощи особых железных бактерий... Так в болотах, морских глубинах, на поверхности знойных пустынь в течение долгой геологической истории нашей земли образовались скопления железных руд, и нет никакого сомнения, что в ряде случаев животная и растительная жизнь оказала свое влияние на образование этих месторождений.

Так образовались крупные и самые чистые в мире месторождения керченских руд, так образовались, по всей вероятности, и огромные запасы железных руд Кривого Рога и Курской магнитной аномалии.

Но эти руды так давно были отложены водами древних морей, что горячее дыхание глубин успело изменить их строение, и, вместо бурых железняков, как в Керчи, или красных корок типа месторождений Памира, мы видим здесь измененные черные руды, состоящие из железного блеска и магнитного железняка.

Странствование железа не прекращается на земной поверхности. Правда, его очень мало накапливается в морской воде, и правильно говорят, что она практически совершенно не содержит железа. Однако в особых, исключительных условиях даже в море, в мелководных заливах отлагаются железистые осадки, целые железорудные залежи, которые встречаются и в ряде древних морских отложений. Так образовались наши знаменитые хоперские, керченские и аятские железняки. Но на земной поверхности — в ручьях, реках, озерах, болотах — странствует железо, и растения всегда находят для себя этот важный химический элемент, без которого растительная жизнь невозможна.

Попробуйте лишить железа горшочек с цветами, и вы увидите, что цветы скоро потеряют свои краски и запах, листья сделаются желтыми, начнут сохнуть. Тот живительный хлорофилл, который создает всю силу живой клетки, который извлекает углерод из углекислоты, отдавая кислород воздуху, — этот хлорофилл без железа существовать не может.

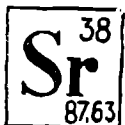
Так в растении, в живом организме продолжается странствование железа на земле, и красные кровяные шарики в крови человека являются одним из многих этапов в странствовании этого металла, без которого нет ни жизни, ни мирного труда.



Старинная гравюра, относящаяся к 1497 году. Скалы из магнитного железняка вытягивают гвозди из корабля, который идет ко дну.



СТРОНЦИЙ — МЕТАЛЛ КРАСНЫХ ОГНЕЙ



Кто не знает красивых бенгальских огней или ярких ракет, красные искры которых медленно потухают в воздухе, сменяясь столь же яркими зелеными огнями!

В наши большие праздники тысячами огней переливаются-горят яркие свечи, вращающиеся солнца, шипящие ракеты ночных фейерверков, разгоняя красным или зеленым, желтым или белым светом ночную тьму. Эти же красные огни ракет поднимаются над морем с кораблей в минуту грозной опасности, они сбрасываются с самолетов для ночной сигнализации, они переговариваются своим шифрованным языком во время подготовки ночных атак и бомбардировок.

Мало кто знает, как делают эти яркие «бенгальские» огни, которые получили свое название из Индии: там во время священных служений



Салют в Ленинграде.

жрецы храмов и капищ наводили неожиданно страх на молящихся, зажигая в полумраке индийского храма таинственные мертвенно-зеленые или кроваво-красные огни.

Не всем известно, что эти огни получаются из солей металлов стронция и бария — двух своеобразных тяжелых земель, которые долго не умели отличать друг от друга, пока не подметили, что один на огне светится зеленовато-желтым светом, а другой — яркокрасным. Очень скоро затем научились получать летучие соли этих двух металлов, смешивать их с бертолетовой солью, углем и серой и из этой смеси прессовать шарики, цилиндры и пирамиды, которыми начиняются ракеты и трубки фейерверков.

Такова одна из последних страниц долгой и сложной истории этих двух элементов. Может быть, вам было бы и скучно, если бы я стал подробно рассказывать о длинном пути, который проходят атомы стронция и бария в земной коре, начиная с расплавов гранитных и щелочных магм и кончая их промышленным использованием в сахарном деле, в оборонной промышленности, в приготовлении фейерверков и в металлургии.

Надо сказать, что еще студентом Московского университета я прочел в одной волжской газете замечательный рассказ казанского революционера-ученого о минералах стронция. Этот талантливый минералог рассказывал о том, как он вместе с товарищем собирал на берегу Волги красивые голубые кристаллы минерала целестина. Он рассказывал о том, как возникли эти голубые кристаллы из рассеянных атомов в пермском известняке, каковы их свойства и применение; этот красивый рассказ так резко запечатлелся в моей памяти, что в течение многих десятков лет я помнил о голубом минерале целестине, названном так от латинского слова «целум» — небо, благодаря его небесно-голубой окраске.

Много лет я мечтал найти этот камень, и вот в 1938 году мне повезло. Неожиданная находка заставила меня вспомнить этот замечательный рассказ.

Мы отдыхали в Кисловодске на Северном Кавказе. После тяжелой болезни я не мог еще ходить по горам, а между тем меня тянуло к скалам, каменоломням и каменным обрывам.

Около нашего санатория строили красивое здание нового дома отдыха. Его отделявали розовым вулканическим туфом, привезенным из Армении, из селения Артик, и названным по его имени артикским. Ограду и ворота выкладывали из желтоватого доломита, который



Резьба из доломита валанжинского горизонта меловой системы близ Кисловодска. В этом доломите встречаются скопления целестина.





По дороге к месторождению целестина около Кисловодска, за «Замком коварства и любви».

аккуратно обтесывали молоточками, выделявая красивые орнаменты и украшения.

Я повадился ходить на постройку, подолгу смотрел, как умелой рукой рабочий обтачивал мягкий доломитовый камень, отбивая отдельные более плотные части. «В этом камне, — сказал один из них, — встречаются вредные твердые желваки, мы их называем «болезнью камня», потому что они вредят обработке; мы их выламываем и бросаем вон туда в кучу».

Я подошел посмотреть и вдруг в одном разломанном желвачке увидел какой-то голубой кристаллик: о, это был настоящий целестин! Чудная прозрачная голубая иголочка, как светлый сапфир с острова Цейлона, как светлый, выгоревший на солнце василек.

Я взял молоток у рабочего, разломал лежавшие желвачки и онемел от восторга. Передо мной были дивные кристаллы целестина. Целыми щетками голубого цвета выстилали они свободные пустоты внутри желвачков. Среди них лежали белые прозрачные кристаллы кальцита, а сам желвачок был образован кварцем и серым халцедоном, плотной и прочной оправой целестинового ожерелья.

Я расспросил рабочих, где добывался доломит для постройки. Они указали мне путь на каменоломни. Не прошло и двух дней, как рано утром мы сели на типичную кавказскую линейку и поехали по пыльной дороге туда, где добывали доломит.

Мы ехали вдоль бурной речки Аликоновки, проехали красивое здание «Замка коварства и любви». Долина суживалась, превращаясь в ущелье, обрывистые склоны нависали карнизами известняков и доломитов, а вдаль мы скоро заметили ломки с громадными шлейфами обломков и кусков боковых пород.

Сначала нам не везло. Большие желваки, которые мы, не жалея рук, упорно разбивали, были с кристалликами кальцита и горного хрусталя или с натечными массами белого и серого опала и полупрозрачного халцедона; но вот мы наконец попали на нужное место. Один за другим откладывали мы штUFFы яркоголубого целестина, аккуратно сносили их вниз, бережно заворачивали в бумагу и снова ползли по отвалам, собирая дивные образцы. С гордостью мы привезли их в санаторий, разложили, помыли, но нам всё было мало. Прошло всего несколько дней, и мы снова тряслись на лошадке за голубым целестином.

Наша комната была вся загромождена глыбами доломита с голубыми глазками, а мы тащили всё новые и новые образцы. Наше поведение заинтриговало соседей и других лечащихся санатория. Все заинтересовались голубым камнем, некоторые даже пошли по нашим стопам на каменоломню доломита и, нам на зависть, привезли тоже очень хорошие образцы.

Никто не понимал, для чего мы собирали этот камень.

И как-то раз в скучный осенний вечер наши товарищи по лечению попросили меня рассказать им о том, что это за голубой камень, почему он образовался в желтом доломите Кисловодска и какой в нем толк. Мы собрались в уютной комнате, разложили перед слушателями образцы, и я, немножко смущенный неожиданной аудиторией, в которой многие не знали ни химии, ни минералогии, начал свой рассказ.

— Несколько десятков миллионов лет тому назад юрское море докатывало свои волны до мощных, тогда уже существовавших Кавказских хребтов. Море то отходило, то вновь заливало берега горного хребта, размывало гранитные скалы и отлагало по берегам тот красный песочек, которым теперь посыпаны дорожки около санатория.

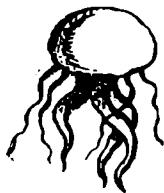
В мелких заливах, в разливах бурных рек, стекавших с горных вершин древнего Кавказа, образовались большие соляные озера; море отступало к северу, а здесь, вдоль берегов, на дно озер, лиманов и мелких морей осаждались глинистые наносы, пески, откладывались прослойки гипса, а местами и каменной соли.

В более глубоких местах осаждались сплошные слои того желтого доломита, который всем вам, кисловодцам, хорошо известен по знаменитой лестнице к Красным камням и по прекрасным зданиям санатория Министерства угольной промышленности. Этот доломит сейчас образует большие толщи равномерной желтой, серой и белой окраски.

Сложно складывалась судьба того моря, из которого выпали эти осадки. По берегам оно кишело разнообразными живыми существами. Здесь мы могли бы любоваться пестрой картиной жизни, которая поражает нас на скалах Средиземного моря и даже в теплых заливах Кольского фьорда.

Разнообразные сине-зеленые и багряные водоросли, раки-отшельники с их красивой раковинкой, улитки и раковинки самых различных форм и окрасок — всё это населяло, покрывало скалы пестрым ковром. В воде мелькали морские ежи с их красными иглами, большие





пятилучевые звезды с извилистыми лучами, медузы всевозможных форм.

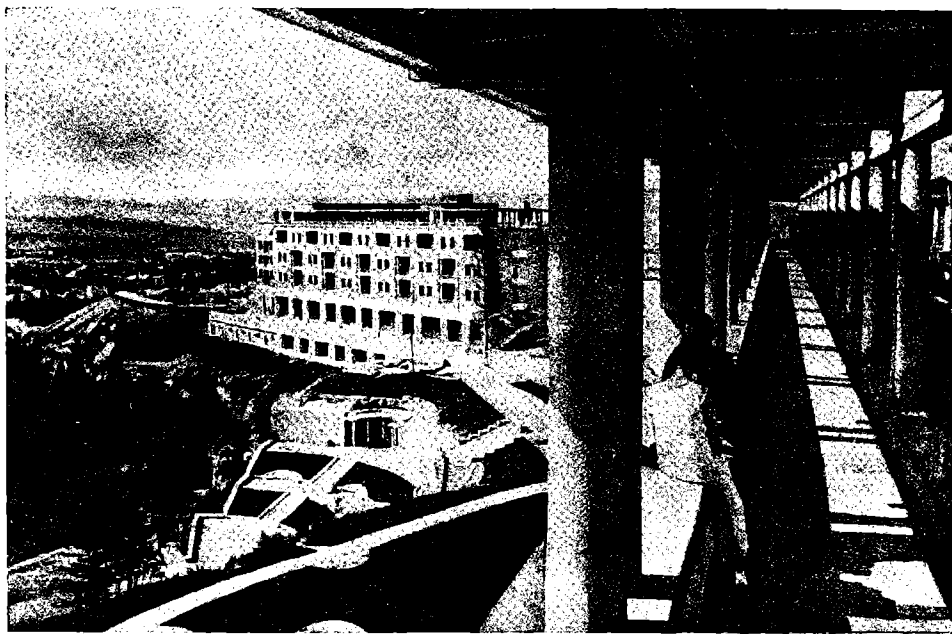
На дне прибрежной полосы, на камнях в бесчисленных количествах жили маленькие радиолярии, некоторые из них были прозрачны, как стекло, и состояли из чистого опала, представляя собой мелкие белые шарики не больше одного миллиметра, с маленьким стебельком, в три раза бóльшим, чем туловище. Они сидели на камнях, на красивых зарослях мшанок, а иногда покрывали даже иглы морских ежей, путешествуя с ними по морскому дну.

Это были знаменитые радиолярии-акантарии, скелет которых имел иголочки числом от 18 до 32. Долгое время никто не знал, из чего они образованы, и только случайно было обнаружено, что они состоят не из кремнезема, не из опала, а из сернокислого стронция.

Эти бесчисленные радиолярии накапливали в сложном жизненном процессе соль сернокислого стронция, извлекая ее из морской воды, и постепенно строили свои кристаллические иголочки. Отмирающие радиолярии падали на дно моря.

Так возникли скопления одного из редких металлов, который попал в морские воды прибрежных кавказских морей из размытых гранитных массивов, из тех белых полевых шпатов, которые, как вы все хорошо знаете, входят в состав гранитов Кавказа.

Может быть, мы бы никогда и не догадались о существовании этих акантарий в верхнеюрских морях, и химикам не пришлось бы в голову искать стронций в чистых известняках наших каменоломен, если бы



Санаторий Министерства угольной промышленности в Кисловодске. Построен из доломита.

в те отдаленные геологические времена новое событие не нарушило покой старых осадков юрских морей.

Кавказ начал переживать новые пароксизмы своей вулканической деятельности. Вновь повторялись извержения расплавленных масс, началось образование горных хребтов, по трещинам и разломам на земную поверхность стали изливаться горячие пары и источники, а в районе Минеральных Вод, вздымая пласты меловых и третичных пород, возникали знаменитые лакколиты, горы Бештау, Железная, Машук и другие.

Горячее дыхание глубин пропитывало известняки, осадки гипсов и солей, они образовывали целые подземные моря и реки минеральных вод то холодных, то согретых еще дыханием земли; эти воды пронизывали по трещинкам доломиты и известняки в старых отложениях, своими химическими растворами заставляя их перекристаллизоваться и превратиться в тот красивый и прочный доломитовый камень, из которого строятся дома в Кисловодске.

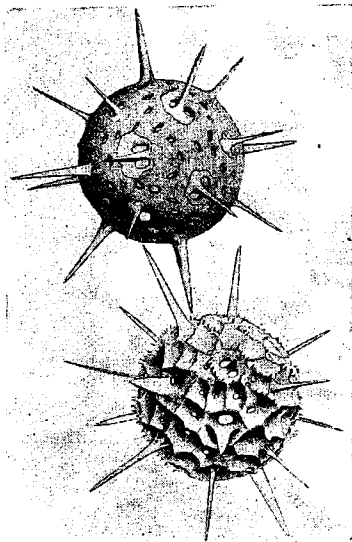
Под влиянием сложных химических реакций мельчайшие рассеянные атомы стронция, остатки радиолярий-акантарий переходили в раствор и вновь осаждались в пустотах юрских доломитов, вырастая в красивые кристаллы синего целестина.

Так в течение многих тысяч лет постепенно шло образование наших целестиновых жездов, и лишь сейчас, когда к ним проникают холодные растворы земной поверхности, кристаллы целестина блекнут, делаются непрозрачными, разъедаются их блестящие грани, а атомы стронция вновь начинают странствовать по земной поверхности в поисках новых, более устойчивых химических соединений.

И картина, которую я сейчас нарисовал из истории наших кисловодских целестинов, повторяется во многих районах нашей страны. Всюду, где по временам в истории земной коры моря превращались в соляные озера, и там, где исчезали большие морские бассейны, мелкие моря и соляные озера, — шарики акантарий умирали, и кристаллы стронция вырастали в течение десятков миллионов лет из маленьких иголочек когда-то живых акантарий.

Сплошным кольцом целестиновых пород опоясаны горные хребты Средней Азии, в древнейших морях силура рисуются нам такие же кристаллы в Якутской республике, но самые крупные месторождения связаны с морями пермской эпохи, отложившей огромное количество целестина в известняках Поволжья и Северной Двины.

Я не буду вам рассказывать о том, что происходит дальше в земной коре с кристалликами целестина. Многие из них, как мы видели, вновь начинают растворяться, их атомы попадают в почвы, уносятся водами, растворяются в безбрежных просторах океанов, снова накапливаются в соляных озерах и морских лиманах, снова образуют иголочки



Простейшие организмы — акантарии, иглы которых состоят из сернокислого стронция.



акантарий и снова, через миллионы лет, вырастут в новые кристаллы целестина.

В этой постоянной смене химических процессов, в сложной цепи природных явлений минералог и геохимик схватывает лишь отдельные разрозненные странички, отдельные звенья. Ему нужно опытным глазом, тонким анализом и глубокой научной мыслью проникнуть в сложные пути странствования атома мироздания. Из отрывков он воссоздает целые страницы, из отдельных страниц он строит ту великую книгу химии земли, которая рассказывает нам от начала до конца, как странствует атом в природе, с кем он делит общие пути, где он находит свою спокойную или беспокойную смерть в виде устойчивых кристаллов или где рассеянные атомы вечно меняют своих спутников, то вновь переходя в раствор, то бесконечно рассеиваясь в великом просторе природы.

И геохимик должен понять эти сложные пути атома.

По мельчайшему кристаллику он должен добраться, как по тоненькой ниточке, до начала клубка. Разве мы можем сейчас говорить о начале истории атомов стронция?

Где и как зародились они в истории вселенной?

Почему сверкают линии стронция в некоторых звездах с особой яркостью, что делают и откуда появились линии стронция в светящихся лучах солнца? Как накопился этот металл в поверхностной земной коре, как собрался в расплавах гранитных магм, вместе с кальцием накопился в белых кристаллах полевых шпатов?

Это всё вопросы, перед которыми геохимик стоит в неведении. Он не может рассказать об этом так ясно, как я только что рассказал историю голубых кристаллов целестина в окрестностях Кисловодска.

И так же мало он может рассказать и о последних страницах в истории атома стронция.

Долгое время человек не обращал на него внимания. Иногда пользовался им для красных огней, но для этого надо было добывать немного солей стронция из недр земли. Но вот один химик нашел удачное применение стронция в сахарном производстве: он открыл, что стронций с сахаром образует особое соединение, сахарат стронция, и что его с успехом можно применить для очистки сахара от мелассы. И вот началось широкое использование этого металла, добыча его в Германии и Англии достигла крупных размеров. Но другой химик нашел, что стронций можно заменить более дешевым кальцием. Стронциевый метод оказался ненужным, и снова стали забывать этот металл, закрыли рудники и лишь кое-где, получая отбросы его солей, перерабатывали их для красных огней.

Но вот началась империалистическая война 1914—1917 годов. Потребовались в огромных количествах сигнальные ракеты. Красные огни, пронизывающие туман, сделались необходимыми для просвечивания пространства, для аэросъемки, угли прожекторов стали пропитывать солями редких земель и стронция.

Стронций нашел новое применение.

Затем металлурги научились получать металлический стронций. Подобно металлическому кальцию и барии, он очищает черный металл от вредных газов и примесей.

Его стали применять в черной металлургии. Химики, технологи-

металлурги и производственники вновь заинтересовались стронцием, и сейчас, когда я рассказываю о голубом минерале целестине, геохимики вновь разыскивают его месторождения, изучают скопления стронция в пещерах Средней Азии, добывают на больших заводах его соли, привлекая их из минеральных вод, словом, стронций снова сделался элементом промышленности и хозяйства.

Как сложится дальше его судьба, мы не знаем. Как первая, так и последние страницы истории этого металла нам, геохимикам, еще не известны...

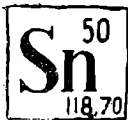
Так кончил я свой рассказ о синем камне моим слушателям в санатории.

Никому не нужные синие кристаллики превратились в их глазах в частицу нашей социалистической стройки. Все стали сочувствовать нашим утренним поездкам на каменоломни, даже главный врач перестал ворчать, что мы завалили всю комнату камнями и нарушаем священный санаторный режим.

И тогда я написал рассказ о целестине. Он напечатан в моей книжке «Воспоминания о камне».

Тем из вас, кому не наскучило читать эту статью, я советую прочесть и этот рассказик, чтобы лучше запомнить, что за прекрасный камень наш голубой целестин.

ОЛОВО — МЕТАЛЛ КОНСЕРВНОЙ БАНКИ



Олово известно человеку очень давно. За пять-шесть тысяч лет до нашей эры, в начале бронзового века, гораздо раньше, чем человек научился выплавлять и обрабатывать железо, он уже умел выплавлять олово.

Олово встречается в природе, главным образом, в виде окиси олова, образующей красивые твердые, как кремнь, кристаллы с квадратным сечением, — минерала касситерита. Ничтожные примеси железа придают минералу черно-бурый цвет, очень для него типичный. В природе минерал этот первоначально образуется в трещиноватых гранитах, пропитанных горячими парами фтористой кислоты. Повидимому, именно фтор способствовал выносу олова в виде легколетучего четырехфтористого олова, которое при встрече с парами воды разлагается и образует касситерит.

Оловоносные граниты, а также кварцево-оловянные жилы могут разрушаться, но касситерит при этом не изменяется и попадает в россыпи, где благодаря большому удельному весу (он в семь раз тяжелее воды) скопляется внизу песчаных пластов. Таким образом возникают вторичные месторождения олова или россыпи, имеющие большое промышленное значение.

Касситерит, будучи нагрет с углем, восстанавливается до металла и выплавляется при относительно невысокой температуре. Этот старинный прием добычи олова сохранился в промышленности и до наших дней. То обстоятельство, что олово выплавляется при температуре значительно более низкой, чем железо, объясняет, повидимому, почему сначала человек научился выплавлять олово, а не железо, и почему железному веку предшествовал век бронзовый.



Разработка оловянной жилы Лаллангуа в Боливии на высоте 4 500 метров над уровнем моря (1940 год).



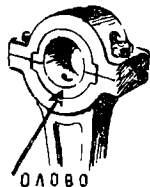
Пегматитовые жилы с оловянным камнем в гранитах. Туркестанский хребет.

Чистое олово — мягкий и непрочный металл, не пригодный для изделий. Но сплав золотистого цвета, состоящий из меди с 10% олова, или «бронза» (от персидского слова «бронтпсион» — сплав), отличается прекрасными свойствами: он тверже меди, отлично отливается, куется и обрабатывается. Эти его качества обеспечили ему в свое время столь широкое распространение, что археологи даже выделяют особую эпоху — бронзовый век, когда орудия труда и оружие, а также домашнюю утварь и украшения делали по преимуществу из бронзы. Из бронзы человек делал не только утварь, но и предметы искусства. В этом смысле бронза и сейчас сохранила всё свое значение. Позже из бронзы стали чеканить монету и отливать колокола и орудия.

При археологических раскопках древних городов и сёл очень часто обнаруживают среди других вещей хорошо сохранившиеся бронзовые изделия — предметы обихода, монеты, бронзовые фигурки. Необходимо бывает установить, являлись ли эти бронзовые изделия местными или откуда-нибудь привозились. Ценные указания в этом отношении могут дать химические анализы.

Очистка древнего металла была очень несовершенной, и современными точными методами можно обнаружить много элементов в виде



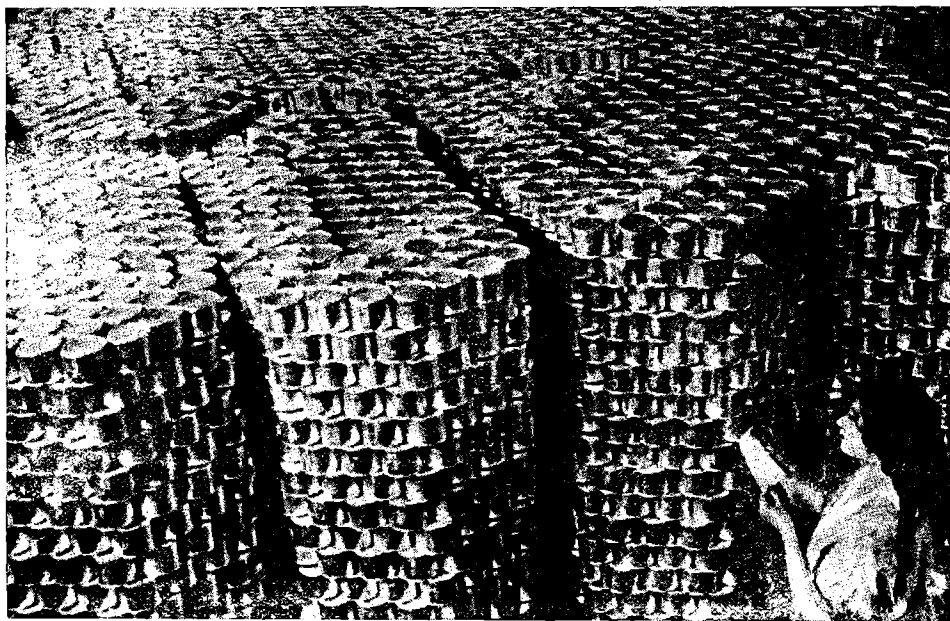


незначительных примесей — загрязнений. По составу этих загрязнений иногда можно сделать догадки о месторождениях, из которых были извлечены медь и олово, входящие в состав бронзы. Если историку или археологу удастся доказать, что бронзовые вещи делались в свое время в этой же местности, то геолог, геохимик немедленно должен произвести поиски на олово в этом районе. Таким образом можно найти забытые месторождения олова.

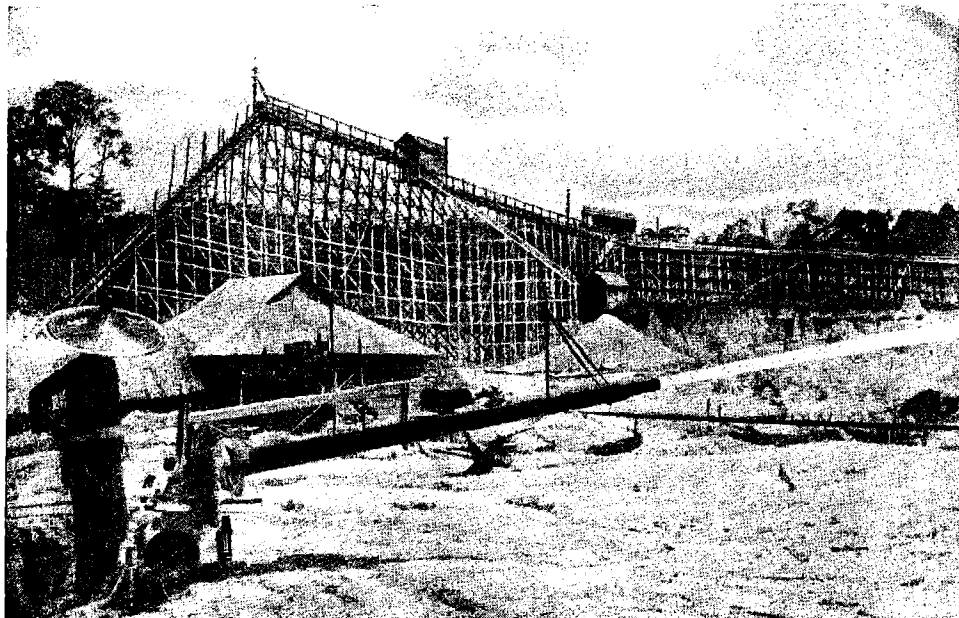
Металлическое олово может существовать в разных видах, подобно тому как углерод встречается в виде алмаза, графита и угля. Так называемое серое олово неустойчиво при низких температурах и представляет собою хрупкий, рассыпающийся в порошок металл. Оловянный предмет, иногда значительной музейной ценности, начинает при длительном охлаждении рассыпаться в порошок и погибает. Это так называемая «оловянная чума», погубившая немало драгоценных предметов. Сейчас человек изучил этот процесс перекристаллизации и успешно борется с ним.

В настоящее время значение олова не в бронзе, которая давно уже вытеснена из обихода железом и другими металлами и употребляется лишь в ограниченном количестве (4%) для подшипников машин. Из ежегодно добываемых во всем мире ста тысяч тонн олова — сорок тысяч тонн, или 40%, идет на жести и двадцать тысяч (20%) — для паяния. Таким образом, из придатка меди олово превратилось в придасток железа, сообщаящий ему химическую устойчивость.

Сейчас можно сказать, что олово отжило свой «бронзовый век» и стало металлом консервной банки.



Штабели готовых консервов на заводе.



Россыпи оловоносных песков на Малайском полуострове. Размываются гидромонитором (водяной пушкой). Размытая грязь течет по канавам. Рудник Иогоре-Багру (1940 год).

По мере развития и роста консервной промышленности резко возросло потребление белой жести. Белая жечь — это листовое железо, покрытое тонким слоем олова, около сотой доли миллиметра толщиной. Покрытие оловом, или лужение, железных листов или железных банок предохраняет их от ржавления. Чистое олово не растворяется жидкостями, в которых находятся консервы, и практически является безвредным для здоровья человека. Никакие другие покрытия не могут конкурировать по устойчивости с оловом. И вот олово тратят в огромных количествах на покрытие консервных банок, чтобы предохранить их от ржавления.

После того как консервы человеком использованы, банки выбрасывают. Человек, с одной стороны, совершает огромную работу по разведке и добыче олова, а с другой — распыляет его, разбрасывая жестяную тару. Железо ржавеет, и олово возвращается в землю. Между тем поиски олова очень трудны. Минералы его немногочисленны (их известно всего 15—20) и встречаются редко. Общее количество олова в земной коре в среднем составляет только шесть тысячных процента, оно одного порядка с количеством такого редкого элемента, как бериллий.

Древнейшие месторождения олова были в Азии, а также в Европе на южных английских островах, которые назывались «касситеридами». Трудно сказать, минерал ли касситерит получил название от островов, или, наоборот, острова были названы от греческого слова «касситерос»,





Мальчик-китаец, промывающий оловоносные пески в канаве. Малайский архипелаг.

которое еще в «Илиаде» Гомера встречается для обозначения какого-то сплава с оловом. Замечательно, что касситерит на английском полуострове Корнваллис встречается вместе с медным минералом халькопиритом, так что при плавке этой руды сразу можно получить бронзу.

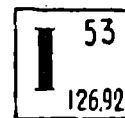
Но главное месторождение олова, которое дает больше половины мировой добычи, это полуостров Малакка в Индокитае, где известно свыше двухсот месторождений в гранитах и громадное количество богатых россыпей. Россыпи разрабатывают гидравлически, направляя на них сильную струю воды из мощных водяных таранов или мониторов. Жидкая грязь, состоящая из смеси разных минералов, идет в особые каналы, в которых усиленно перемешивается туземцами-рабочими, главным образом детьми. Тяжелый касситерит задерживается около порогов, откуда время от времени выгребается. Добыча, как видно, при-

митивна. Концентрат, в котором 60—70% касситерита, перевозят на заводы, где и выплавляют олово.

До войны 80% всей продукции принадлежало англичанам и выплавлялось на заводах в Сингапуре. Ожесточенные бои за Сингапур во вторую мировую войну объясняются желанием японцев скорее захватить олово в свои руки, потому что оно было нужно как самой Японии, так и, главным образом, для торговли с Германией, которая остро в нем нуждалась.

Посмотрите на географическую карту мира: полоса оловоносных гранитов и связанных с ними месторождений олова, а также вольфрама и висмута тянется по побережью Тихого океана. С юга на север идут: острова Банка и Биллитон, полуостров Малакка, Сиам, Южный Китай.

Геохимия стремится разгадать причину образования подобных полос, или зон, среди которых располагаются богатые месторождения оловянных руд и других химических соединений, встречающихся вместе с оловом, потому что наше большое хозяйство нуждается в олове.



Все мы хорошо знаем, что такое иод, пользуемся им, когда пораним себе палец, принимаем его буро-красные капли с молоком в старческие годы. Иод — всем хорошо известное лекарство, а между тем как мало и плохо знаем мы, что такое иод и какова его судьба в природе!

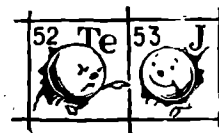
Трудно найти другой элемент, который был бы более полон загадок и противоречий, чем иод. Больше того, мы так мало о нем знаем и так плохо понимаем самые основные вехи в истории его странствований, что до сих пор является непонятным, почему мы лечим при помощи иода и откуда он взялся на земле.

Надо сказать, что еще Д. И. Менделеев, наш великий химик, столкнулся с неприятными особенностями свойств иода. Менделеев распределил свои элементы в порядке повышения атомных весов, но иод с теллуром нарушили порядок: теллур стоит перед иодом, хотя атомный вес его выше. Это так и осталось до нашего времени.

Иод и теллур оказались почти единственными элементами, нарушившими стройность Менделеевского закона. Правда, сейчас мы догадываемся, в чем тут дело, но много лет это представляло лишь непонятное исключение, и неоднократно критики блестящей теории Менделеева говорили ему, что он переставляет элементы так, как ему это удобно.

Иод — твердое тело, он образует серые кристаллики с настоящим металлическим блеском. Как будто бы металл, он просвечивает фиолетовым цветом, и вместе с тем если мы поместим в стеклянный флакон металлические кристаллики иода, то очень скоро увидим в верхней части флакона фиолетовые пары: иод легко возгоняется, не переходя в жидкое состояние.

Вот вам первое противоречие, которое бросается в глаза, но за ним сейчас же следует второе. Цвет паров темнофиолетовый, а самого иода — серо-металлический. Соли же иода вообще бесцветны и выглядят как простая поваренная соль; лишь некоторые из них обладают слегка желтоватым оттенком.

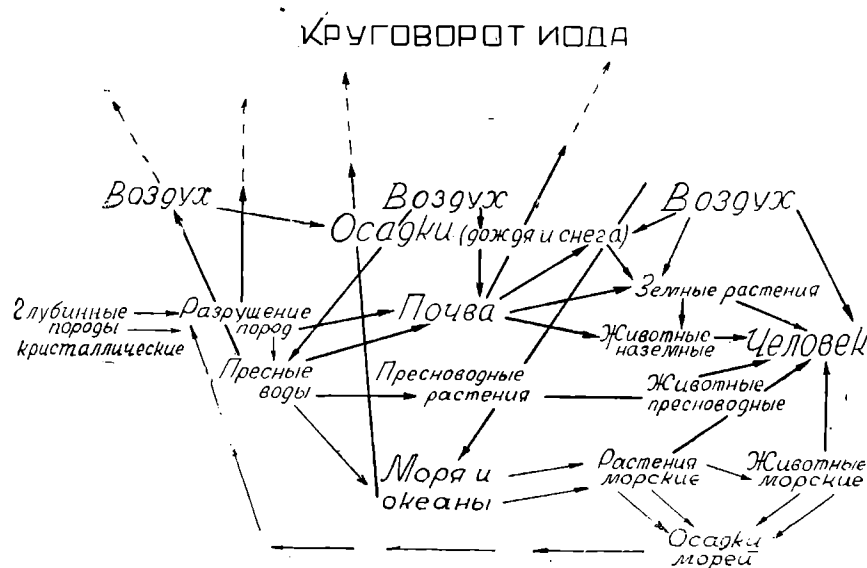


А вот и другие загадки иода. Иод — исключительно редкий элемент: наши геохимики подсчитали, что содержание иода в земной коре всего лишь около одной или двух сотых тысячных процента, — а между тем иод всюду присутствует. Может быть, мы можем даже еще резче сказать: нет ничего в окружающем нас мире, где тончайшие методы анализа в конце концов не открыли бы несколько атомов иода.



Всё пронизано иодом, твердая земля и горные породы, даже самые чистые кристаллы прозрачного горного хрусталя или исландского шпата содержат в себе довольно много атомов иода. Значительное количество его содержится в морской воде, очень много в почвах, в текучих водах, еще больше в растениях, в животных и в человеке. Мы поглощаем иод из воздуха, который весь насыщен его парами, мы вносим иод в свой организм через пищу и воду. Жить без иода мы не можем. И понятными являются вопросы: почему иод везде присутствует, где его первоисточник, из каких глубин земных недр принесен нам этот редкий элемент?

Между тем даже самые точные анализы и наблюдения не могут открыть его таинственный источник, так как ни в глубинных извержен-



Круговорот иода на земле.

ных породах, ни в расплавах излившихся магм мы не знаем ни одного минерала иода. Геохимики так рисуют картину происхождения иода на земле: когда-то, еще до геологической истории земли, когда наша планета впервые покрывалась твердой земной корой, летучие пары различных веществ сплошными облаками окутывали еще горячую землю. Тогда иод вместе с хлором выделился из глубин расплавленных магм нашей планеты, тогда же он был захвачен первыми потоками осевших горячих паров воды, и первые океаны, породившие моря, накопили в себе иод из атмосферы земли.

Так это или не так, мы сейчас точно не знаем, но мы знаем только одно, что и на земной поверхности его распределение полно загадок. В арктических странах, на высоких горах иода сравнительно меньше, в низинах, у морских берегов количество иода в породах увеличивается, оно еще больше увеличивается в пустынных образованиях, а в солях



больших пустынь Южной Африки или Атакамы в Южной Америке мы встречаем настоящие минеральные соединения иода.

Иод растворен и в воздухе; точный анализ показал, что он распределен там по строго определенному закону: количество его меняется с высотой. На высотах Памира и Алтая выше 4 000 метров иода во много раз меньше, чем на уровне Москвы или Казани.

И вместе с тем иод известен нам не только на земле. Мы находим его в метеоритах, попадающих к нам из неведомых пространств мироздания. В атмосферах солнца и звезд ученые давно уже ищут его с помощью новых методов, но пока безуспешно.

В морской воде иода довольно много: па каждый литр приходится 2 миллиграмма, это уже чувствительная величина. Морская вода сгущается у берегов, в лиманах, в прибрежных озерах, там накапливаются соли и белой пеленой покрывают плоские берега. Эти скопления солей хорошо нами изучены на берегах Черного моря в Крыму, так же как и в озерах Средней Азии. Но иода в них нет, он куда-то исчезает. Повидимому, какая-то часть иода накапливается на дне в илах, а большая доля его испаряется, уходит в воздух, и лишь малая часть сохраняется в остаточных рассолах. Там же, где скапливаются соли калия и брома, иода почти не оказывается.

Но иногда у берегов соленых озер и морей развивается растительность, образуются целые леса различных водорослей, которые покрывают прибрежные камни. В этих водорослях и накапливается иод в результате каких-то совершенно непонятных биохимических процессов, и на тонну водорослей приходится несколько килограммов иода. А в некоторых морских губках количество иода еще больше и достигает 8—10 %.

Наши исследователи особенно хорошо изучили берега Тихого океана. На пространстве тысячи километров прибрежного района волны прибывают, главным образом осенью, огромное количество водорослей морской капусты — свыше трехсот тысяч тонн. Эти бурые водоросли содержат много сотен тысяч килограммов иода. Их добывают, частью используют для пищи, а частью осторожно сжигают, извлекая из них иод и поташ.

Но этим не заканчивается история иода в земной коре. Его приносят нам и нефтяные воды: около Баку образуются целые озера отбросовых вод, из которых сейчас извлекают иод.

Его выносят и некоторые вулканы из загадочных своих глубин.

Так разнообразны судьбы этого элемента, и трудно нарисовать себе полную и связную картину жизни и скитаний этого бесконечно странствующего атома природы.

Но вот попадает иод в руки человека, и здесь возникает новая загадка: мы лечим иодом, останавливаем кровь, убиваем бактерий, охраняем рану от заражения, а между тем иод исключительно ядовит, пары его действуют на слизистые оболочки, вызывая в них раздражение. Избыток капель или кристалликов иода может быть смертельным для человека. И самое удивительное заключается в том, что всё же еще хуже для здоровья человека, когда иода мало. Организм человека, а вероятно, и ряда животных должен иметь определенное количество иода. Мы знаем, что недостаток иода в некоторых местностях проявляется в особой болезни, называемой зобом. Этой болезнью страдают обычно



жители высокогорных местностей. Мы знаем и некоторые аулы, расположенные в высоких горах на Центральном Кавказе и на Памире, в которых широко распространена эта болезнь. Очень хорошо она известна также в Альпах.



В последнее время американские исследователи установили распространение зоба и на территории Америки. Оказалось, что если составить карту распространения заболеваний зобом и также карту процентного содержания йода в воде, то данные карт совпадут друг с другом.

Человеческий организм исключительно чуток к йоду, и понижение его содержания в воздухе и в воде сейчас же отражается на здоровье. Зоб научились излечивать, применяя соли йода.

Не менее интересны пути вовлечения йода в промышленность, которые с каждым годом становятся всё шире, разнообразнее. С одной стороны, открыты соединения йода с органическими веществами, которые создают непроницаемую броню для прохождения рентгеновских лучей. Эти соединения, впрыснутые в организм, позволяют фотографировать внутренние ткани с особой отчетливостью.

Мы знаем и совсем другие области применения йода за последние годы. Особенное значение придается использованию йода в целлулоиде, где особые соли йода применяются в виде мелких игольчатых кристалликов. Эти игольчатые кристаллики распределяются в целлулоиде так, что колебания светового луча не могут проходить через них во всех направлениях. Получается то, что мы называем поляризованным лучом. Мы много лет строили особые, очень дорогие поляризационные микроскопы, а сейчас, благодаря этому новому фильтру — поляроиду, в Москве изобретены прекрасные лупы, которые заменяют собой целый микроскоп. С ними можно работать во время экспедиций в поле. Сочетанием двух-трех поляроидов можно добиться яркой окраски рисунка, и мне представляется чудесно освещенное декоративное панно или экран в кино, где вращением двух поляроидов будут достигаться замечательные красочные эффекты, быстро меняющие все цвета солнечного спектра. Когда поляроидная пластинка вставлена в окно автомобиля, вы можете ехать по освещенной улице, и вас не будет ослеплять свет ярких фар мчащейся навстречу машины, так как в поляроиде вы не увидите ярких ореолов горящих огней, а лишь самую машину с отдельной светящейся точкой.

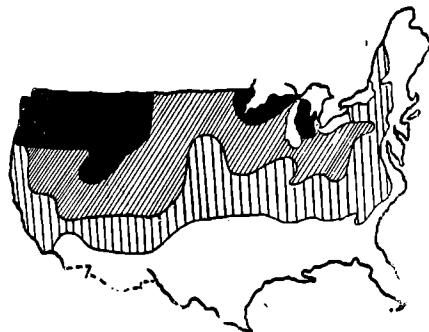
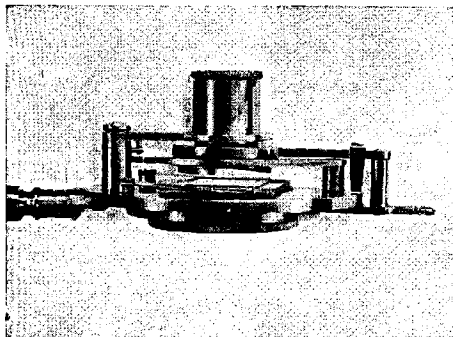


Схема распространения болезни зоба в США и содержания йода в воде: где мало йода, там много больных зобом. Белое — содержание в питьевых водах йода от 3 до 20 миллиардных долей, заболеваний зобом 0—1 случай на 1000 человек ежегодно. Прямая штриховка — йода в воде меньше 2—9 миллиардных долей, зоба больше — 1—5 случаев. Косая штриховка — йода в воде 0,5—2 миллиардных долей, зоба — 5—15 случаев. И, наконец, черное поле — йода 0—0,5 миллиардных долей в воде, заболевают зобом 15—30 на тысячу.

Когда самолет поднимается над затемненным городом и сбрасывает вниз на парашюте сверкающие составы из магния, то поляроидные очки позволяют видеть всё, что делается на земле под светящейся ракетой.



Карманная минералогическая лупа с поляроидом из соединений иода. Конструкция профессора В. В. Аршинова.

Вы видите, как разнообразно и широко применяется этот элемент, сколько неясных проблем, сколько противоречий в его происхождении, в судьбе его странствований. Много еще нужно глубоких исследований, чтобы разгадать все его свойства и понять природу этого вездесущего элемента, пронизывающего весь окружающий нас мир.

Интересно, что и история открытия этого элемента тоже полна противоречий. Он был открыт в золе растений в 1811 году фармацевтом Куртуа, имевшим маленький завод, перерабатывавший золу растений в селитру. Открытие этого элемента

не произвело особого впечатления на ученых мира. Только через сто лет это открытие получило должную оценку.

Я мог бы на этом закончить свой рассказ об этом интересном элементе, но еще одна мысль занимает мое внимание. По таблице Менделеева ниже иода в той же группе приходится пустая клетка. Ее наметил еще Д. И. Менделеев и сказал, что здесь должен быть открытый новый элемент. Он назвал его экаиодом. Мы эту клетку называем клеткой под номером 85. Где же встречается или где скрывается этот элемент номер 85? Он не может не существовать, он где-то в мире должен быть открыт.

Его долго искали в остаточных рассолах озер и в соляных месторождениях. Его искали в межпланетном пространстве, среди тех рассеянных атомов, которые наблюдаются в мироздании между звездами и солнцами, планетами и кометами; его искали и во всех природных металлах, но не нашли.

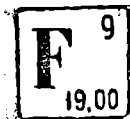
Много лет казалось ученым, что в приборах блеснула где-то та линия, которая отвечает светящимся атомам номера 85, но новые исследования не подтверждали этого открытия, и клетка номер 85 осталась и до наших дней пустой.¹

Что же представляет собой этот таинственный неоткрытый атом? Вероятно, он продолжает загадочную историю иода, вероятно, он наделен еще более чудесными свойствами, и именно они затрудняют его открытие. Может быть, он существует в мироздании так недолго, что самые точные приборы не могут его поймать, может быть, он обладает настолько сильным зарядом, что не может существовать в нашем мире. Но если номер 85 будет открыт на земле, то он окажется еще более замечательным элементом, с еще более сказочными свойствами, чем иод.

Над загадками иода и его товарища по таблице стоит поработать ученым!



¹ Смотрите в словарики элементов «Астат».



Обдумывая план этой книги, я наметил в ней главу о фторе и его замечательных свойствах, но когда я дошел до ее составления, то должен был остановиться. Я никогда не работал над фтором и его соединениями, не интересовался его прекрасными минералами, его использованием в промышленности и поэтому оказался в затруднении.

Пришлось прибегнуть к своим записям, и, разбирая архив многочисленных заметок об отдельных химических элементах земли, я нашел ряд листков, из которых составил эту главу.

Чарльз Дарвин в своей автобиографии указывает, как должен работать ученый.

Он говорит, что ученый не должен всё запоминать, что каждое интересное наблюдение и всё, что он встретит любопытного в книгах, он должен записывать на отдельные листочки, а каждую книгу, которая коснулась занимающего его вопроса, откладывать на отдельную полку вместе с выписками.

Дарвин был против того, чтобы у ученого была большая разнообразная библиотека. Он намечал себе на ближайшие годы большие задачи и целеустремленно стремился к их разрешению, к каждой проблеме он десятки раз подбирал материалы, и каждой проблеме была посвящена одна или две полки в его книжном шкафу.

Через несколько лет, а иногда через десяток лет у него накапливался таким образом огромный фактический материал по каждой отдельной научной проблеме. Он собирал этот материал и книги, приводил их в порядок и составлял соответственную главу своего знаменитого трактата, послужившего началом современной биологической науки.

Этот порядок составления больших книг и монографий очень удобен, и сознаюсь, что еще двадцать лет тому назад я начал подражать прекрасному примеру Дарвина и решил точно так же готовить для своих работ материалы и книги. Я расстался со своей большой библиотекой, которую перевезли на Кольский полуостров, а у себя оставил только те книги, которые были связаны с задачами, стоявшими передо мною в ближайшие годы. Среди этих задач была большая проблема — описать историю всех химических элементов в земле, показать геологам, минералогам, химикам те сложные пути, которые проходит атом какого-либо металла в его странствованиях в мироздании, рассказать о его свойствах и поведении на земле и в руках человека.



Ч. ДАРВИН



Месторождение плакикового шпата около Ташкента.

И вот, когда мне пришлось писать главу о фторе, я нашел в папке с надписью «Фтор» пять листочков. Приведу вам их здесь примерно в том виде, как они были написаны.

ЛИСТОК 1

Давно мечтал я посетить знаменитые месторождения Забайкалья, откуда посылали мне замечательные кристаллы топаза, редкого прекрасного минерала, содержащего фтор, кристаллы всех цветов и друзы разноцветного плакикового шпата, которые добывались для нужд промышленности.

И вот, наконец, мы высадились из старого поезда, направлявшегося на станцию Маньчжурия. У вокзала стояла тройка лошадей, и мы покатали по дивным степям южного Забайкалья, покрытым сплошным белым ковром знаменитых эдельвейсов. Всё более и более чарующая картина раскрывалась перед нами по мере того, как мы поднимались на пологие вершины знаменитой горы. Здесь на отдельных выходах гранитов добывались кристаллы синего, желтоватого и голубого топаза; здесь в пустотах, занорышах, больших гранитных пегматитов мы видели красивые октаэдри плакикового шпата — соединения фтора и металла кальция. Но особенно поразила нас картина богатых месторождений этого минерала в небольшой долине.

Здесь были не отдельные кристаллики, осевшие из горячих водных растворов охлажденных гранитов, здесь были огромные скопления розового, фиолетового и белого плакикового шпата самых разнообраз-





Таджики рассматривают штуф кристаллов флюорита из месторождения в Таджикистане.

ных оттенков, они сверкали и искрились на южном маньчжурском солнце. Горные разработки добывали этот ценный камень, чтобы отправить его через всю Сибирь на металлургические заводы Урала, Москвы и Ленинграда. И перед моими глазами прошла здесь картина газовых эманацій древних и глубоких гранитных расплавов. Из летучих соединений образовались скопления плавикового шпата, и невольно приходилось видеть в них один из этапов процесса медленного охлаждения в земных глубинах гранитного массива, который окружен выделяющимися из него парами и газами.

Мне вспомнились здесь описания в старых минералогиях чарующих по красоте тонов плавикового шпата, из которого выделявали ценные муринские вазы.

Я вспомнил также, что в Англии существовала целая промышленность по обработке этого камня и что в музеях мы можем видеть красивые изделия из него.

И другое воспоминание приходит мне на ум: Еще молодым преподавателем минералогии в I-м народном университете города Москвы я поставил задачу перед своими слушателями — общими силами определить минералы, окружающие наш город. Среди этих минералов был замечательный фиолетовый камень. Его нашли более ста лет тому назад (в 1810 году) в маленьком Ратовском овраге, Верейского уезда, Московской губернии, и называли ратовкином.

Он залегал отдельными прослойками среди известняков в виде красивых фиолетовых пропластков, целые полосы его темнофиолетовых кубиков были встречены по берегам притоков Волги — Осуги и Вазузи.

Мы энергично взялись за изучение этого фиолетового камня, который оказался чистым фтористым кальцием — тем флюоритом, о котором я здесь рассказываю. Его красивые фиолетовые гальки встречались в таком большом количестве, а сами прослойки залега­ли среди известняков так правильно, что трудно было приписать их образование горячим эманациям гранитных расплавов, которые положили начало прекрасным топазам Забайкалья и месторождениям плавикового шпата Маньчжурии.

Более 2 000 метров отделяли эти осадки от древних гранитов, лежащих в основе московских пород, и нам надо было искать причины, которые создали этот красивый камень по притокам Волги. При содействии академика А. П. Карпинского наша молодежь разгадала происхождение этого камня: оказалось, что ратовкит связан с древними осадками московских морей, что при его скоплениях сыграли роль живые существа — те морские раковины, которые собирали в своих клетках и особенно в известковых раковинках кристаллики фтористого кальция. Вот еще один пример своеобразия и сложности путей миграции фтора в природе!

ЛИСТОК 2

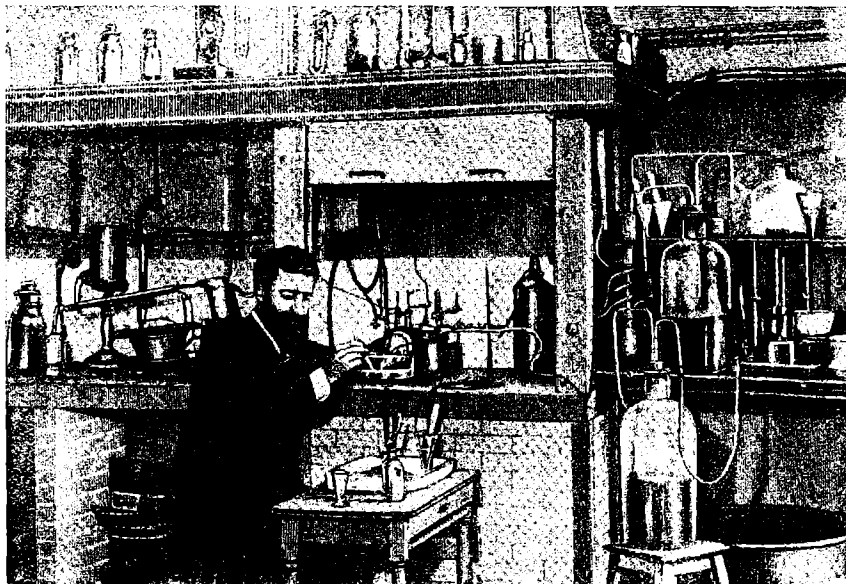
Краткое схематическое описание одного дня, проведенного в Копенгагене во время командировки на геологический конгресс.

По окончании конгресса мы посетили знаменитую криолитовую фабрику в окрестностях этого города. Белоснежный камень, напоминающий лед, доставлялся сюда с вершин, расположенных на ледяных берегах Гренландии. По какому-то странному природному совпадению этот камень, не отличающийся по внешнему виду от льда, встречается на земле только в одном месте — в полярных областях западного побережья Гренландии. Здесь он добывается в громадных разработках, грузится на суда и отправляется в Копенгаген. Криолит переправляют на особые фабрики, где от него отделяют другие минералы, особенно руды свинца, цинка и железа, — остается чистый, похожий на снег, порошок.

В особых ящиках, как большая ценность, этот порошок поступает на химические заводы, где его ждет новая судьба: вместе с рудой алюминия его расплавляют в электрических печах; сверкающий поток расплавленного металла стекает в большие, заранее подготовленные чаны. Этот металл — алюминий, и



Месторождение флюорита в Таджикистане.



Муассан получает впервые фтор в своей лаборатории в Париже в 1886 году.

всё современное производство алюминия должно пройти через криолит. Нет других способов получить этот металл — металл, необходимый и для мирной промышленности и для военной, мировая добыча которого сейчас равна почти 0,5 миллиона тонн в год.

Огромные электрические установки передают энергию целых водопадов — Рейнского и Ниагарского — для того, чтобы при помощи криолита растворить окись алюминия и получить чистый металлический алюминий. Правда, здесь на смену природному криолиту приходит искусственная соль фтористого алюминия и натрия. Но это тот же криолит, лишь получаемый человеком на химических заводах.

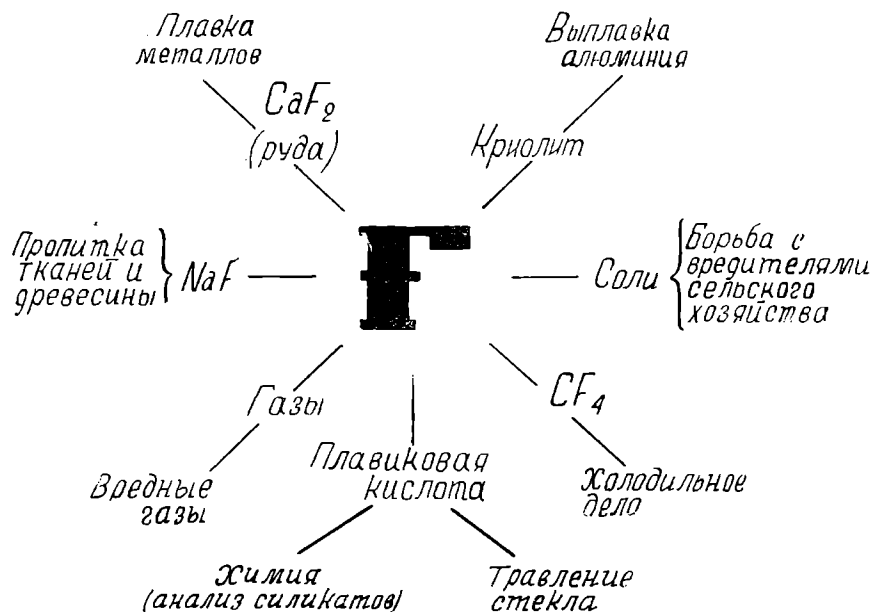


ЛИСТОК 3

На отвесной круче замечательно красивого озера в Таджикистане были найдены обломки чистого прозрачного плавикового шпата. Спрос на прозрачный плавиковый шпат был настолько большим, что пришлось направить целую специальную экспедицию на крутые обрывы озера.¹ С захватывающим интересом читаем мы о необычайных трудностях добычи прозрачного белого плавикового шпата, залегающего в плотных известняках.

В результате долгих трудов проложены были тропки к нависшему над озером месторождению. Но гораздо труднее было вынести отдель-

¹ Флюорит таджики называют «санг и-сафет» — «белый камень». Месторождение нашел мальчик-пастух Назар-Али в 1928 году.



Главные пути использования фтора в промышленности.

ные ценные куски вниз к кишлаку, расположенному на берегах этого озера. Горные таджики передавали по цепи из рук в руки штUFFы, с большими усилиями спустили вниз этот редкий камень, а затем, переложенный мягкой травой, во вьючных ящиках он был доставлен в город Самарканд.¹ Промышленность оптических приборов получила исключительный по чистоте плавиковый шпат и смогла приготовить из этого минерала тонкие и чистые линзы и построить лучшие оптические приборы во всем мире.

Во время лечения на одном чехословацком курорте нам предложено было совершить экскурсию на расположенный около города механизированный по последнему слову техники стекольный завод. Мы осмотрели цехи производства больших зеркальных стекол. Их размеры были совершенно чудовищны. Сплошной лентой выплавлялись грандиозные пластины оконного стекла. В отдельных цехах получались высшие сорта хрусталя, окрашенного в разные тона солями редких земель

¹ Оптический флюорит — чрезвычайно нежный минерал: он гибнет не только при толчках и ударах, но даже от резкой перемены температуры. Если опустить минерал в воду, температура которой отличается на несколько градусов от температуры воздуха, в нем появится целая сеть трещин, обесценивающих его высокие оптические качества.



и урана. Но самым интересным оказался цех художественного рисунка. Ваза из чистейшего хрусталя покрывалась тонким слоем парафина, опытный художник-гравер инструментом вырисовывал на слое парафина сложный рисунок. Скальпелем он снял слой в одном месте, прорезал тонкие линии в другом, и перед нами появилась картина леса и охоты на оленя. Затем этот образец подвергался размножению. При помощи особого аппарата обводились контуры рисунка, а в большой комнате этот же рисунок вырисовывался на десятках других ваз, покрытых парафином. На всех них постепенно появлялись всё те же контуры леса и затравленного собаками оленя. Потом все вазы помещались в особые печи, обложенные свинцом, в которые пропускались пары ядовитых фтористых солей. Фтористые кислоты разъедали стекло, где не было парафина, проникая то глубже, то слегка лишь, делая поверхность матовой. Потом в горячем спирте, иногда в воде или просто от нагрева расплавлялся парафин, и перед нами появлялся во всей красоте нежный рисунок, вытравленный парами фтора. Надо было лишь местами подчистить, местами углубить этот рисунок при помощи быстро вращающихся специальных резцов, и работа была закончена.



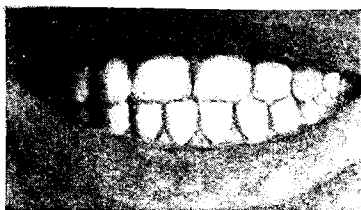
Ж. ШЕЕЛЕ

ЛИСТОК 5

Наконец, среди своих листков и воспоминаний о фторе и его минералах я нашел следующую выписку из университетского курса химии.

«Фтор — газообразный элемент с неприятным одуряющим запахом, исключительной активности в химическом отношении. Он соединяется со взрывом или ярким накаливанием почти со всеми элементами, даже с золотом. Недаром его получение представляло огромные трудности. Получен он был в чистом виде в 1886 году, хотя до этого фтор был открыт Шееле в 1771 году.

В природе он известен лишь в виде солей фтористо-водородной кислоты, главным образом в виде фтористого кальция, минерала красивой окраски — флюорита, называемого за свою способность сообщать рудам металлов легкоплавкость «плавиковым шпатом».



Однако фтор широко распространен в природе и в других соединениях, причем он входит в количестве до 3% в апатит.



В своей геохимической истории он связан с летучими возгонками из расплавов гранитных магм, однако встречается, сравнительно редко, и в виде морских осадков, дающих известное накопление фтористых соединений из органического вещества.

Плавиковый шпат в кусках употребляется для оптических стекол, пропускающих, в противоположность простому стеклу, ультрафиолетовые лучи; в красиво окрашенных разностях употребляется как декоративный камень.

Однако главное его применение заключается в его способности облегчать пла-

Зубы здоровые и изъеденные фтором.

вление металлов, а также он идет для получения фтористой, или, как говорят, плавиковой, кислоты, которая обладает исключительно сильной растворяющей способностью и разъедает стекло и даже горный хрусталь.

В виде двойной соли натрия и алюминия фтористая кислота образует минерал криолит, нужный для электролиза металлического алюминия. Фтор играет огромную роль в жизни растений и живых организмов, является необходимым веществом для жизни, но избыток его действует очень вредно и вызывает ряд болезней».

Очень велико значение фтора в морской воде, где он собирается частью биологическими процессами (раковины, кости, зубы), частью в виде комплексных карбонатов и особенно фосфатов (фосфоритов). В морской воде — 1 миллиграмм фтора на литр, то есть вдвое меньше, чем иода. В раковинах устриц фтора в двадцать раз больше, чем в морской воде. В больших коралловых рифах — миллионы тонн фторидов. Фтор — активнейший деятель фумаролл.

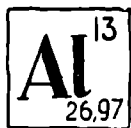
В последнее время ученые, анализируя свойства соединений фтора на основе таблицы Менделеева, открыли новое замечательное применение фтора, а именно: было получено особое вещество — четырехфтористый углерод, который не ядовит, не взрывается в смеси с воздухом, очень устойчив и обладает способностью переходить из твердого состояния в газ с большим поглощением тепла. Именно это и дало возможность применить фтористый углерод в специальных холодильниках. Громадные установки для сохранения различных продуктов сделались сейчас возможными только благодаря применению четырехфтористого углерода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Я рассказал своими словами содержание пяти листочков, найденных в моей папке. Как будто бы они почти полностью заканчивают собой главу о замечательном элементе природы, но будущее его гораздо шире и грандиознее. Самые сложные газообразные продукты будущего связаны с фтором. Нет более опасных ядов, чем сочетания этого элемента, и вместе с тем нет более прекрасных консервирующих средств, которые позволят сохранять продукты питания без больших затрат в маленьких шкафчиках, поддерживая нужную температуру, вплоть до 100° ниже нуля.

Фтор — еще очень мало изученный химический элемент — таит в себе еще более грандиозные проблемы со своеобразными свойствами его сложных соединений, и трудно нам сейчас предугадать, как широко его будут применять в народном хозяйстве и какова его судьба в технике будущего.





Мы с вами отлично знаем, что под покровом осадков — глин, песков, образовавшихся в разное время в результате выветривания и разрушения массивных горных пород, находится сплошная, облегающая весь земной шар, каменная оболочка земли, или, как нередко говорят, земная кора.

Мощность этой каменной оболочки, ее толщина не менее сотни километров, а может быть, как сейчас начинают предполагать, и значительно больше. Она постепенно переходит на глубине в другую оболочку — рудную, содержащую железо и другие металлы, и, наконец, в центре земли находится, повидимому, железное ядро.

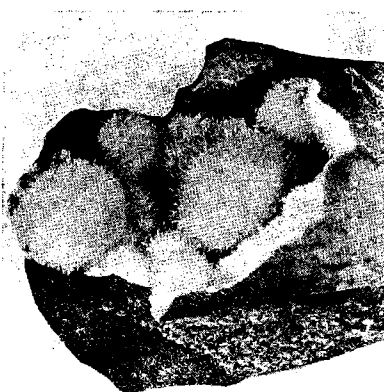
Каменная оболочка, которая нас сейчас интересует, на поверхности земли образует огромные выступы — материковые массы, или континенты. На них, в свою очередь, образовались складки в виде длинных цепей гор. Среди вершин гор, на скалистом берегу океанов и морей, среди этого царства камня, кажется, до сих пор существует первобытный хаос, каким он представлялся людям.

Каменная оболочка земли, лежащая в основании континентов

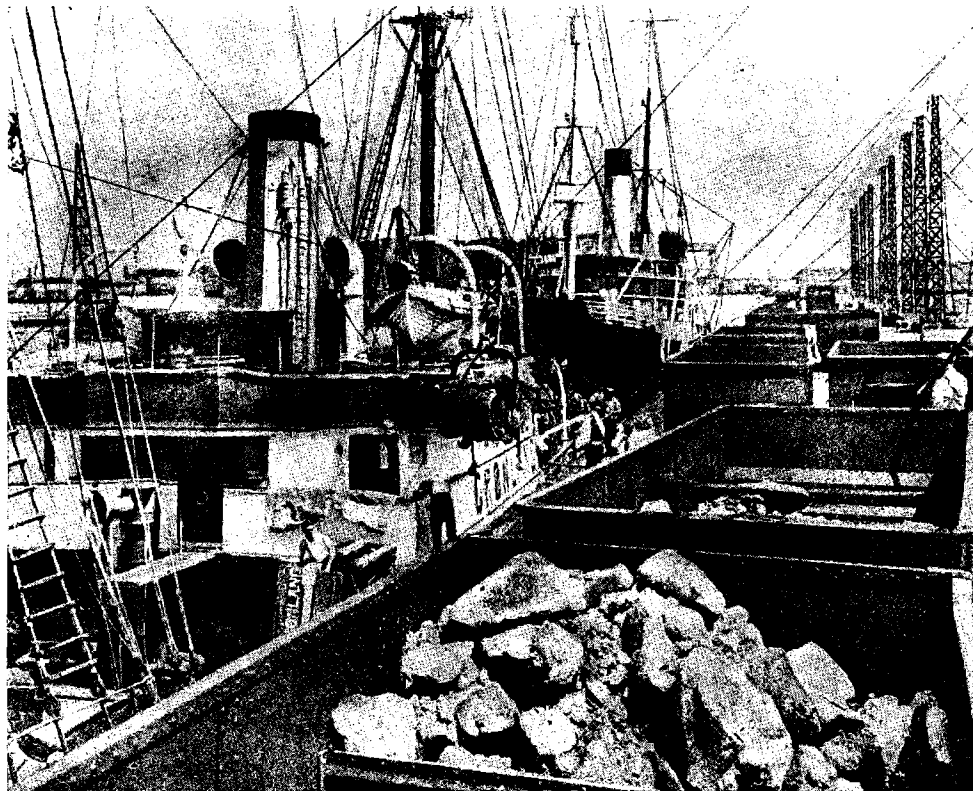
и их горных цепей, состоит из алюмосиликатов и силикатов. Алюмосиликаты состоят, как это видно по их названию, из кремния, алюминия и кислорода. Вот почему каменную оболочку часто называют «сиаль», по сочетанию первых слогов латинских названий кремния — Silicium и алюминия — Aluminium, то есть Sial.

Эта оболочка, в состав которой, главным образом, входит гранит, по весу на 50% состоит из кислорода, на 25% из кремния и около 10% из алюминия. Таким образом, среди химических элементов алюминий по распространению на земле занимает третье место и первое место среди металлов. Его на земле больше, чем железа.

Алюминий, кремний и кислород вместе являются самыми главными элементами, из которых построена земная кора, и в каменной оболочке земли они образуют разнообразные минералы, в которых



Иголки цеолита, так называемого натролита, в изверженной породе феолите. Образец находится в Минералогическом музее Академии наук СССР.



Минерал криолит — фтористое соединение алюминия и натрия. Его привозят из Гренландии в Европу. Криолит употребляется при получении металлического алюминия.

располагаются один относительно другого всегда одинаково правильно. Эти минералы, и в частности алюмосиликаты, являются такого рода соединениями атомов, у которых в центре находится либо атом кремния, либо атом алюминия, а вокруг них правильно в четырех углах, образуя фигуру тетраэдра, располагаются атомы кислорода.

Вот из этих-то тетраэдров кремния и алюминия путем сочетания их между собой и образуются, в свою очередь, те разнообразные алюмосиликаты, о которых мы с вами всё время говорим. И вы посмотрите, какой сложный рисунок они образуют.¹ С первого взгляда он скорее напоминает нам тонкие кружева или узоры ковров. Эта картина расположения атомов алюминия, кремния и кислорода в минералах каменной оболочки земли могла быть изображена благодаря применению рентгеновских лучей, которые как бы сфотографировали внутреннее строение камней.

¹ См. рисунок на странице 67.





Современный скоростной поезд. Сделан в основном из легких **алюминевых** сплавов.

Вспомним, какими серыми и однообразными казались нам камни, когда мы их держали в руках в далеком детстве, и как усложнилась картина, когда мы теперь смотрим на них, проникая в глубь их структуры.

На заре человеческой культуры с незапамятных времен — с каменного века и до наших дней — эти темные, светлые и цветные камни — граниты, базальты, порфир и другие породы из алюмосиликатов — человек широко использовал, создавая здания, произведения искусства, утварь, строя из них целые города, из глины — продукта разрушения алюмосиликатных пород — производя керамику, фаянс, фарфор.

Но тысячи лет человек и не подозревал о тех благородных и чудесных свойствах самого алюминия — металла, который был открыт в белой глине, сером граните и других внешне малопривлекательных каменных породах.

Алюминий нигде и никогда в природе не встречался в металлическом виде, он всегда находился в виде своей окиси или глинозема, то есть соединения с кислородом, совершенно отличного по свойствам и виду от металла.

И нужен был гений человека, его упорный труд, чтобы извлечь и вызвать к жизни этот чудесный металл.

Впервые около 125 лет тому назад удалось выделить небольшое количество блестящего серебристого металла. И никто тогда не думал, что он вообще будет играть какую-либо роль в жизни человека, тем более что его получение было очень трудным. Но вот в начале прошлого века ряду ученых удалось путем электролиза из расплавленных при высоких температурах соединений алюминия, например криолита, выделить алюминий на катоде под коркой шлаков. Это был чистый серебристый металл — «серебро из глины», как говорили в то время.



Этот метод получения алюминия перешел на заводы, и металл быстро стал завоевывать себе широкое применение. А свойства его действительно оказались удивительными. Он имеет цвет, напоминающий серебро.

Он в три раза легче железа, но в то же время обладает приличной прочностью. На воздухе он окисляется с поверхности, и пленочка окиси алюминия предохраняет металл от дальнейшего разрушения, то есть алюминий не «ржавеет», как железо.

Вначале алюминий использовали для различных ювелирных изделий, а по мере того как его производство увеличивалось и он стал дешеветь, его стали применять для изготовления кастрюль, чайников, кружек и другой посуды.

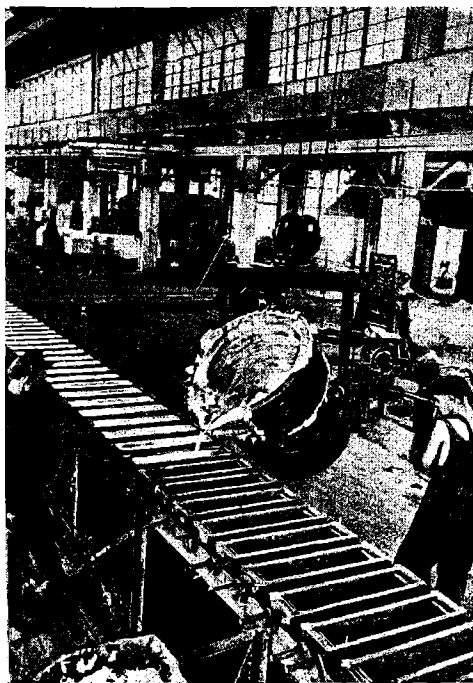
Но «серебро из глины» позволило человеку окончательно покорить воздушную стихию. Легкий алюминий или его легкие сплавы как нельзя лучше подходили для постройки жестких аэростатов, фюзеляжей, крыльев или цельнометаллических самолетов. Эта новая промышленность, которая так широко использовала алюминий, выросла с чудесной быстротой на наших глазах.

Затем алюминий стал проникать в автомобильную, машиностроительную и другие области промышленности, во многих случаях заменяя сталь и железо. В военном судостроении его использование произвело переворот, позволив создать, например, «карманные линкоры» (суда с размерами легкого крейсера и с мощностью дредноута). В то же время человек научился действительно получать это «серебро» из природных минералов в огромных масштабах.

В настоящее время чистую окись глинозема добывают не из глины, а из особого глиноподобного минерала боксита, содержащего окись глинозема в очень большом количестве — 50—70%. Сначала боксит путем растворения очищают от примесей и получают чистую окись глинозема. Потом ее добавляют к расплавленному криолиту, в котором она хорошо растворяется, и, пропуская электрический ток, отделяют на катоде чистый металл.

В последнее время в качестве руды алюминия пытаются использовать минерал нефелин ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), содержащий 33% Al_2O_3 , и дистеновые сланцы, содержащие 50—60% Al_2O_3 .

При нагревании алюминий жадно соединяется с кислородом, превращаясь в окись алюминия, и выделяет при этом огромные



Разливка алюминия на заводе.

количество тепла. Это свойство алюминия выделять тепло при сгорании было использовано в технике для выплавки других металлов из их окисей при смешении с порошком металлического алюминия. При этом процессе алюминотермии металлический алюминий отбирает кислород у окисей других металлов и восстанавливает их.

Таким путем выплавляют металлические титан, ванадий и другие металлы. Так как при алюминотермии развивается высокая температура, смесь с алюминием — термит — применяют для сварки стали. Каждый из вас видел, вероятно, как это делается, например, при сварке трамвайных рельсов.

Наконец, это свойство было использовано для изготовления зажигательных бомб, и, вероятно, многим из вас пришлось познакомиться с ним в грозные дни Великой Отечественной войны. Действовало всё то же «серебро из глины», попавшее в руки злого человека.

Сгорая в кислороде, алюминий, как мы уже говорили, дает окись алюминия. В природе встречаются многочисленные минералы, состоящие из окиси алюминия, или глинозема, например корунд, очень твердый минерал, который употребляется в технике как точильный и шлифовальный материал. Мелкие кристаллики корунда в смеси с магнетитом и другими минералами — так называемый «наждак» — хорошо известны каждому; вы, вероятно, не раз чистили наждаком свой перочинный ножик.

Как алюмосиликаты, глины и бокситы, так и корунд-наждак не привлекают своим внешним видом. Это темные, серые или белые камни без ярких красок. Но природа ярко раскрасила во многих случаях природную окись алюминия. Такой раскрашенный глинозем становится драгоценным камнем.

Как же это происходит?

Оказывается, как выяснили ученые, достаточно присутствия ничтожных следов некоторых металлов — хрома, титана, железа, чтобы природная окись алюминия — глинозем — засверкала яркими тонами.

Напомню вам, например, о драгоценном камне Востока — рубине, красная окраска которого зависит от следов хрома. Сколько сказок связано с этим камнем! Затем назовем сапфир синего цвета; восточный желтый топаз; прозрачный корунд фиолетового цвета, который называется «восточный аметист», а зеленый — «восточный изумруд».

Какое разнообразие цветов



Готовые куски очищенного алюминия.

и богатство красок создает в одном и том же глиноземе ничтожная примесь того или иного вещества! Человек распознал причину раскраски этих камней и научился при высоких температурах в особых печах готовить их. Они идут в наше время не только на украшения, но и в технику.

В природе глинозем образуется, помимо того, при глубоком разрушении глин или алюмосиликатов, он является важной составной частью фарфора, из которого делаются различные изделия.

Однако в присутствии кислот он входит с ними в соединение, например с серной кислотой, которая образуется в природе при извержении вулканов или при выветривании сернистых соединений металлов. Таким путем получают часто алюминиевые квасцы, их легко приготовить и искусственно. Они были известны еще в глубокой древности и употреблялись в качестве протравы при крашении тканей.

Квасцы и другие растворимые соединения попадают в почву и отсюда извлекаются растениями. Однако лишь немногие растения, как, например, всем известный плаун, накапливают алюминий в значительных количествах. Интересно, что квасцы, прибавленные в почву, на которой растет, например, гортензия, вызывают изменение окраски ее цветов.

Почему мы называем алюминий металлом XX века?

Потому что его применение из-за замечательных свойств растет и растет с каждым годом, а огромные его запасы неисчерпаемы, и есть все основания считать, что алюминий входит в обиход человечества так же, как вошло в свое время железо.

И это время будет, вероятно, называться алюминиевым веком.



Кусок боксита — руды алюминия с месторождения «Красная Шапочка» на Урале.



БЕРИЛЛИЙ — МЕТАЛЛ БУДУЩЕГО



Историки рассказывают, что римский император Нерон любил смотреть в цирке на борьбу гладиаторов через большой кристалл зеленого изумруда.

Когда горел подожженный по его приказанию Рим, он восторгался бушующим огнем, смотря на него через изумрудное стекло, в котором красные краски огня казались сквозь зелень камня черными зловещими языками.

Когда художники древней Греции и Рима, не знавшие еще алмазов, хотели выгравировать на камне чье-либо лицо, чтобы увековечить его и выразить свое преклонение перед ним, они брали для этой цели чистый изумруд из Нубийской пустыни в Африке.

Наравне с изумрудом издавна в Индии ценили золотисто-желтые хризобериллы, которые находили в песках острова Цейлона в Индий-



Бериллы. На доске изображен шестиугольный разрез кристалла.

ском океане, зеленовато-желтые, змеиного цвета бериллы, цвета морской воды аквамарины. Позднее узнали редчайший минерал эвклаз, нежной «синей воды», как говорят ювелиры, а также огненно-красный фенацит, в несколько минут выцветающий на солнце.

За два тысячелетия до нашего времени в прихотливых изгибах подземных ходов, среди безводной пустыни Нубии, работали на бериллы и изумруд знаменитые копи царицы Клеопатры.

Добываемые из глубин земли зеленые камни доставлялись верблюжьими караванами к берегам Красного моря, а оттуда попадали в чертоги индийских раджей, дворцы шахов Ирана и властителей Османской империи.

После открытия Америки, в XVI веке замечательные по красоте и величине темнозеленые изумруды попали в Европу из Южной Америки.

Испанцы и португальцы ограбили священные капища местного населения Колумбии, скрывавшего от пришельцев месторождения драгоценных камней в горах.

Однако уже в XVIII веке в песках солнечной Бразилии стали добывать аквамарины чарующих цветов. Недаром этот камень получил название аквамарина, то есть «цвета морской воды», ибо столь же изменчивы его цвета, как цвета южного моря во всем великолепии и разнообразии его красок, хорошо знакомых всем, кто жил на берегах Черного моря или видел замечательные картины художника Айвазовского.

Светлоокрашенные камни извлекались из земли, но только ярко-зеленые шли в огранку, а всё остальное выбрасывалось.

Все эти камни давно привлекали к себе внимание красотой игры, замечательным блеском и чистотой окраски, и хотя очень многие химики пытались разгадать их химическую природу, но все они ничего нового не находили в них и ошибочно считали соединением простого глинозема.

Так сложилась прошлая история зеленых драгоценных камней, о которых под именем «бериллоса» писали за несколько столетий до нашей эры.

Так рисуется сейчас перед нами начало истории металла будущего, названного бериллием.

До самого 1798 года никто не догадывался, что в этих красивых ярких камнях содержится еще не известный ценный металл.



Изумрудные копи.



Изумрудные копи
Фото А. Е. Ферсмана.



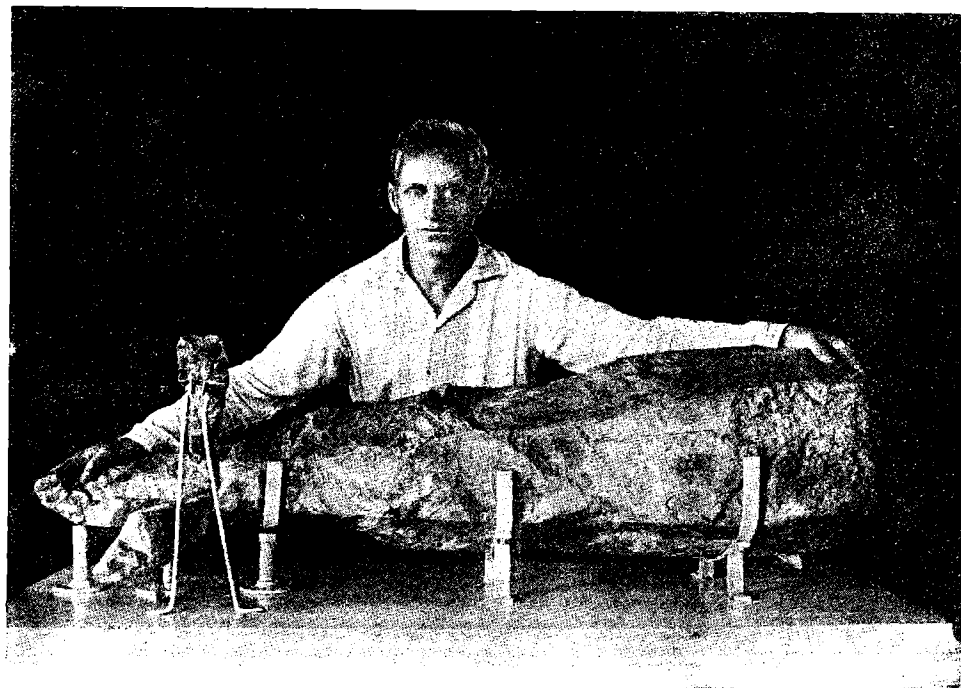


На торжественном заседании Французской академии «26 плювиоза VI года» революционного календаря (то есть 15 февраля 1798 года) французский химик Вокелэн сделал потрясающее сообщение о том, что в ряде минералов то, что считалось глиноземом или алюминиевой землей, в действительности оказывается совершенно новым веществом, для которого он предложил название «глюциний», от греческого слова «сладость», так как соли его казались химику сладкими.

Скоро это сообщение было подтверждено многочисленными анализами других химиков, но оказалось, что в минералах этого нового металла содержится немного, обычно всего лишь 4—5%. Когда химики стали детально изучать распространение бериллия, то выяснилось, что в общем это очень редкий металл. В земной коре его не больше чем четыре десятитысячных процента (0,0004%), но всё же бериллия в земле вдвое больше, чем свинца или кобальта, но в двадцать тысяч раз меньше, чем его собрата, с которым его всё время путали, — металла алюминия.

Но вот наши химики и металлурги взялись за этот металл, и за последние пятнадцать лет перед нами раскрылась совершенно новая картина; не даром сейчас мы можем называть бериллий величайшим металлом будущего.

Действительно оказывается, что этот серебристый металл в два раза легче, чем хорошо нам известный легкий алюминий. Он всего лишь



Гигантский кристалл берилла.

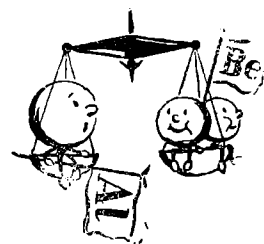


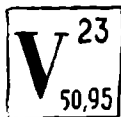
Яркозеленый берилл из полевошпатового карьера Вес 18 тонн.

в 1,85 раза тяжелее воды, тогда как железо в 8 раз тяжелее, а платина больше чем в 20 раз.

Он дает прекрасные сплавы с медью и магнием, тоже очень легкие. Правда, широкое использование бериллия держится в секрете и составляет военную тайну ряда государств, но мы сейчас уже хорошо знаем, что сплавы этого металла всё шире и шире внедряются в авиацию всех стран, что для получения хороших свечей в автомобилях к фарфоровой массе прибавляется порошок минерала берилла, что тонкие металлические пластинки из бериллия легко пропускают рентгеновские лучи, а сплавы его поражают своей легкостью и прочностью. Особенно замечательны пружины из бериллиевой бронзы.

Действительно, бериллий — металл будущего, и с каждым годом всё больше и больше расширяются поиски его месторождений, технологи изучают методы его извлечения из руд, а металлурги — его применение в постройке самолетов.





«Если бы не было ванадия, — не было бы автомобиля», — сказал Форд, начавший свою карьеру именно с удачного применения ванадиевой стали в осях машин.

«Если бы не было ванадия, — не было бы некоторых групп животных», — сказал Самойлов, известный московский минералог, когда в крови некоторых голотурий было открыто до 10% этого металла.

«Если бы не было ванадия, — не было бы нефти», — думают некоторые геохимики, приписывая ванадию особое влияние на образование нефти.

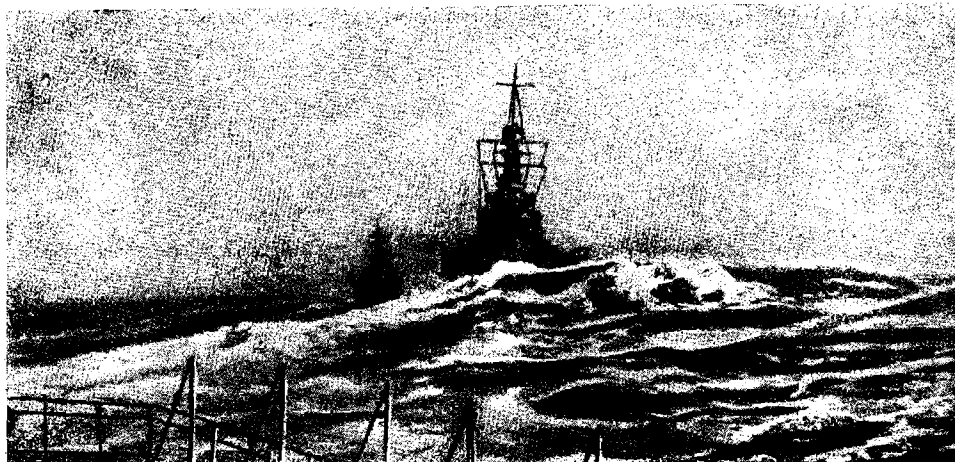
И вот этот замечательный металл долгое время был не известен человеку, и много десятков лет шли споры и борьба за его получение.

«В давние-давние времена на далеком севере жила Ванадис, прекрасная и любимая всеми богиня. Однажды кто-то постучался в ее дверь. Богиня удобно сидела в кресле и подумала: «Пусть он постучит еще раз». Но стук прекратился, и кто-то отошел от дверей. Богиня заинтересовалась: кто же это был таким скромным и неуверенным посетителем? Она открыла форточку и посмотрела на улицу. Это был некто Вёлер, который поспешно уходил от ее дворца.

Через несколько дней вновь услышала она, что кто-то стучится к ней в дверь, но на этот раз стук продолжался настойчиво до тех пор, пока она не встала и не открыла дверь. Перед ней стоял молодой красавец Нильс Сёвстрем. Очень скоро они полюбили друг друга, и у них появился сын, получивший имя Ванадия. Это и есть имя того нового металла, который открыт был в 1831 году шведским физиком и химиком Нильсом Сёвстремом».



Голотурия, в крови которой имеется ванадий.



Броненосцы, для которых необходима ванадиевая сталь.

Так начинается рассказ о ванадии и его открытии в письме шведского химика Берцелиуса.

Но в своем рассказе он забывает, что в комнату богини Ванадис еще раньше стучался замечательный человек, знаменитый дон Андрес Мануэль дель Рио. Это была одна из самых светлых фигур старой Испании: горячий поборник свободы Мексики и борец за ее будущее, прекрасный химик и минералог, горный инженер и маркшейдер, сумевший впитать в себя блестящие идеи передовых ученых того времени. Еще в 1801 году дель Рио, изучая бурые свинцовые руды Мексики, открыл в них как будто бы новый металл. Так как его соединения были окрашены в самые разнообразные цвета, он назвал его панхромом, или всецветным, а позднее заменил это название эритронием, то есть красным.

Но доказать свое открытие дель Рио не мог. Химики, которым он посылал образцы, признавали элемент в бурой свинцовой руде за хром, и эту же ошибку сделал и химик Вёлер, который так неуверенно и неудачно стучался к богине Ванадис.

После долгих сомнений и неудачных попыток доказать самостоятельность этого металла решение нашел молодой шведский химик Сёвстрем. В это время шло строительство железных домен в разных частях Швеции. При этом выяснилось, что руды одних рудников давали хрупкое железо, тогда как другие, наоборот, давали высокие сорта гибкого и вязкого металла. Проверая химический состав этих руд, молодой химик очень скоро выделил особый черный порошок из магнетитовых руд горы Табер в Швеции.

Продолжая свои исследования под руководством Берцелиуса, он доказал, что имеет дело с новым химическим элементом и что этот же элемент содержится в бурой свинцовой руде из Мексики, о которой говорил дель Рио.

Что оставалось делать Вёлеру после этого несомненного успеха молодого шведа? В письме к своему другу он писал: «Я был настоя-



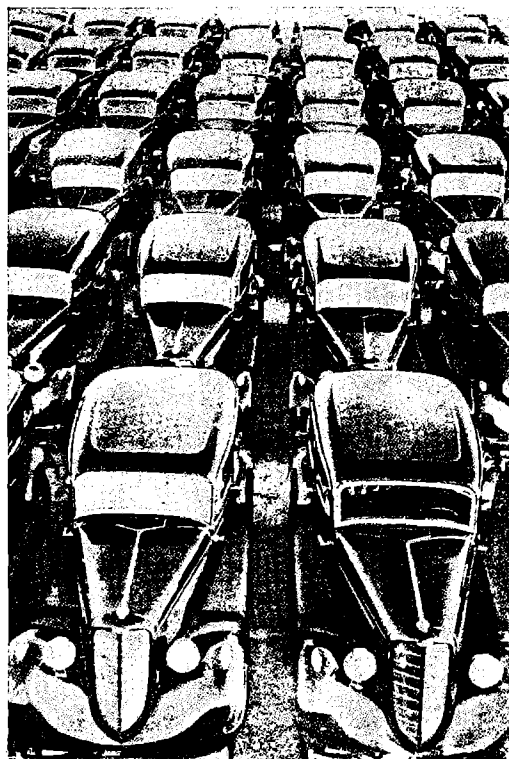


шим ослом, что проглядел новый элемент в бурой свинцовой руде, и прав был Берцелиус, когда он не без иронии смеялся над тем, как неудачно и слабо, без упорства стучался я в дом богини Ванадис».

Сейчас замечательный металл ванадий сделался одним из самых важных металлов промышленности. Но как долго не давался он в руки человека! Ведь вначале килограмм ванадия стоил 50 тысяч рублей золотом, сейчас же только 10 рублей. В 1907 году его извлекали всего лишь в количестве 3 тонн, так как он никому не был нужен, а сейчас какая упорная борьба идет во всех странах за месторождения ванадия! Как замечательны его свойства, как нужен он в каждой стране! Уже в 1910 году было добыто 150 тонн металла, открыты были месторождения в Южной Америке, в 1926 году добыча достигла 2 тысяч тонн, сейчас она превосходит 5 тысяч тонн.

Ванадий — важнейший металл автомобиля, брони, бронебойного снаряда, пробивающего пластины лучшей стали в 40 сантиметров толщины, ванадий — металл стального самолета, тонких химических производств, получения серной кислоты, прекрасных разнообразных красок.

Вот в чем разгадка главного его достоинства. Он влияет на сталь, делает ее более упругой, менее хрупкой, предохраняет от перекристаллизации под влиянием ударов и толчков, а ведь именно это и нужно для осей автомобиля или моторных валов, которые всегда находятся в сотрясении.



Автомобили, сходящие с конвейера.

Но не менее замечательны соли этого металла, зеленые, красные, черные, желтые, то золотистые, как бронза, то черные, как чернила. Из них построена целая палитра прекрасных красок для фарфора, фотографических бумаг, особых чернил. Он служит для лечения больных.

Но не будем перечислять всех замечательных применений этого металла; лишь об одном мы должны упомянуть. Он помогает получению серной кислоты, этого главного нерва всей химической промышленности. При этом он ведет себя очень хитро: он только помогает химической реакции, катализирует ее, как говорят химики, но сам остается на месте в старом виде и не расходуется. Правда, некоторые вещества его отравляют и портят, но на это есть лекарства.

И металлический ванадий и некоторые его соли оказы-



Рудник титано-магнетита на Урале, из руд которого добывается ванадий.

вают таинственное действие своим присутствием при получении самых сложных органических соединений, которые никак не получаются иным способом.

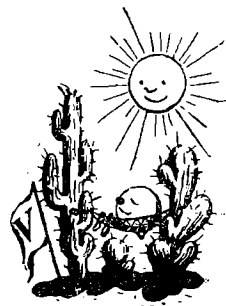
Но если это такой чудодейственный металл, почему же мы так мало знаем о ванадии? Почему многие из вас, читатели, никогда даже раньше не слыхали о нем? Да и добывается его в год на всей земле очень мало, около пяти тысяч тонн. А ведь это в 20 тысяч раз меньше, чем годовая добыча железа, и только в пять раз больше, чем добыча золота.

Очевидно, что-то неблагополучно с его месторождениями и добычей, и, чтобы ответить на этот вопрос, мы должны спросить геологов и геохимиков. Вот что они рассказывают о поведении этого замечательного металла в земной коре.

Металла ванадия в нашей земле совсем не так мало. В доступной части земной коры наши геохимики насчитывают в среднем до 0,02%, и это совсем не мало, если мы вспомним, что свинца содержится в земной коре в 15 раз меньше, серебра в 2 000 раз меньше. Так что, в сущности, ванадия в земле ровно столько же, сколько цинка и никеля, а ведь последние два металла нами добываются в сотнях тысяч тонн.

Но не только в земле и в доступной нам земной коре содержится ванадий. Вероятно, там, где сосредоточено самородное железо, количество ванадия довольно велико. Об этом нам говорят падающие на землю метеориты. В их металлическом железе содержание ванадия раза в 2—3 больше, чем в земной коре. В спектре солнца наши астрономы видят яркие сверкающие линии его атомов, но геохимики как раз этим и огорчаются. Всюду есть много ванадия, всюду в мироздании распространен этот нечетный металл, но мало таких мест, где бы он накапливался, где бы легко можно было добывать его для промышленности. Действительно, он распространен почти во всех железных рудах, и там, где его содержание доходит до десятых долей процента, промышленность начинает его добывать. Возможность извлекать этот дорогой металл из тысяч тонн железа становится интересной.

Когда химики открывают руду с содержанием его в один процент, тогда газеты пишут об открытии богатого месторождения ванадия. Очевидно, какие-то внутренние химические силы всё время стремятся рассеять атомы этого металла. Задача нашей науки — выяснить, что же их собирает, что накапливает эти рассеянные атомы, что может сломать их страсть к странствованию, рассеиванию и миграции. Такие силы в природе существуют, и мы, изучая месторождения этого металла, читаем сейчас замечательные страницы о тех процессах, которые собирают атомы ванадия и заставляют их накапливаться.





Ванадий, прежде всего, — металл пустынь: он боится воды, которая легко растворяет его и разносит по земной поверхности его атомы; он боится кислых почв наших средних и северных широт. Он находит себе успокоение лишь в южных широтах, где много кислорода в воздухе, где разрушаются жилы сернистых руд. В горячих песках Родезии и на его родине, в залитой солнцем Мексике, среди агав и кактусов, он создает желто-бурые железные шляпы, бурые холмы, как шлемы воинов покрывающие выходы сернистых руд.

Мы видим эти же соединения в древних пустынях Колорадо, встречаем их в древнепермской пустыне Приуралья, окаймленной с востока расширяющимся хребтом великих Уралов. Всюду соли ванадия образуются под горячим солнцем, в песках собираются из рассеянных атомов его месторождения для промышленной жизни. И всё-таки эти запасы его очень малы. Есть еще могучие силы, которые удерживают ванадий и не дают ему распыляться, — это живая клетка живого вещества, это организмы, у которых кровяные шарики строились не из железа, а из ванадия и меди.

Ванадий собирается в теле некоторых морских животных, особенно морских ежей, асцидий и голотурий, которые покрывают своими скоплениями тысячи квадратных метров заливов и берегов морей. Откуда улавливают они атомы ванадия, сказать трудно, так как в самой воде не удалось обнаружить этот металл. Очевидно, эти животные обладают каким-то особенным химическим свойством извлекать ванадий из частичек пищи, илов, остатков водорослей и т. д. Ни один химический реактив не работает так четко и чисто, как живой организм, который умеет из миллионных долей грамма накопить в своем теле, а после смерти оставить такое грандиозное наследство, что человек может добывать из него металлы для своей промышленности.

Но как ни велики силы жизни, всё же мало настоящих месторождений этого металла, ничтожен процент его содержания, затруднена его добыча из черных асфальтов, битумов и нефтей. Таинственные пути его собиранья закрыты еще для ученых, и много нужно работы, чтобы раскрыть загадку его извлечения и суметь рассказать его историю.

Тогда мы будем знать не только прошлые судьбы этого металла, но мы будем знать, где его искать, как его искать, и глубокие теоретические выводы превратятся в крупнейшие промышленные победы.

Автомобили получают свой металл для осей, в стали броненосцев и танков повысится процент ванадия. Очень тонкие химические реакции при помощи ванадиевых катализаторов будут давать на заводах сотни и тысячи новых сложнейших органических соединений, нужных для питания, хозяйства и культуры.

Так отвечают нам геохимики на вопрос о месторождениях ванадия. Их ответ мы не можем признать удовлетворительным, мы должны требовать от них упорной, настойчивой работы, чтобы овладеть этим металлом для нужд нашей страны.



Золото давно было замечено человеком, вероятно, в виде сверкающих желтых крупинок в песках реки.

Много замечательного и поучительного мы узнаем, прослеживая историю использования золота на сложных путях развития человечества. С самой колыбели человеческой культуры вплоть до империалистических войн с золотом связаны военные походы, завоевания целых континентов, борьба нескольких поколений народов, преступления и кровь.

В древних скандинавских сагах золото играет огромную роль, и борьба Нибелунгов за охрану Крааля — борьба за золото. «Кольцо Нибелунгов» Вагнера — это освобождение мира от проклятия золота и его власти. Кольцо, скованное из золота Рейна, символизирует злое начало. Зигфрид ценой своей жизни должен освободить мир от власти золота и низвергнуть богов Валгаллы.

В древнегреческом эпосе есть миф о путешествии аргонавтов в Колхиду за золотым руном.

Здесь, на берегах Черного моря, в Грузии, они должны были добыть руно — бараньи шкуры, покрытые золотым песком, и отбить их у охранявшего руно дракона.

В древнегреческих сказаниях и египетских папирусах можно прочесть о борьбе за золото на Средиземном море. Царь Соломон при построении знаменитого храма в Иерусалиме должен был добыть огромное количество золота, и он предпринял ряд походов в древнюю страну Офир, которую тщетно ищут историки то в истоках Нила, то в прежней Эфиопии. Некоторые ученые считают, что слово «офир» просто значит «богатство» и «золото».

Есть легенда о муравьях, добывающих золото. Уже много раз толковалась различными исследователями эта легенда, причем она имеет много версий.

Основой ее послужил рас-



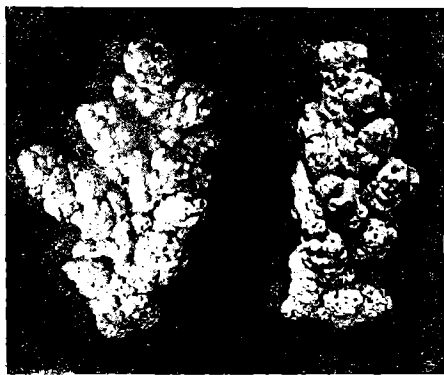
Аргонавты в Колхиде (древнее название Грузии) рассматривают золотое руно.



сказ о том, что одно из племен Индии жило в песчаной пустыне, в которой были муравьи величиной с лисицу. Эти муравьи добывали из глубин земных и вместе с песком выбрасывали в громадном количестве золото, за которым приезжали жители на верблюдах. Геродот подтверждает этот рассказ; нечто подобное можно найти и у Страбона, писавшего в 25 году до нашей эры. Несколько другую версию приводит Плиний, но, во всяком случае, и европейские и арабские писатели поддерживали этот рассказ еще в средние века. До сих пор нет настоящего объяснения этой легенды; наиболее вероятным является объяснение Рихарда, который приводит ряд санскритских слов и указывает на то, что по-санскритски слово «муравей» и слово «зерно» аллювиального золота выражаются одними и теми же звуками. Он думает, что здесь имелось сходство слов — «частица золота» и «муравей». Отсюда и возникла легенда.

Дивные изделия из золота сохранились в древних кладах скифских эпох на юге России. Это замечательные фигуры неведомых скифских ювелиров, изображающие чаще всего диких зверей в бешеном движении. Они сохраняются в Эрмитаже вместе с такими же тончайшими золотыми изделиями знаменитых сибирских кладов.

Золото всегда играло огромную роль в представлении древних. Алхимики давали ему знак солнца. Корни названия золота проходили через тысячелетия. В то время как славянский, германский и финский народы в корне этого слова имели буквы Г, З, О, Л (золото, гольд), другие, индоиранские народы в корень этого слова ставили буквы А, У, Р, откуда произошло латинское слово «аурум», от которого химики и взяли современный знак золота в химии — Au.



Сростки золота почковидной формы.
Качкарь, Южный Урал.



Золотая пластинка раннескифской культуры VI века до нашей эры. Северный Кавказ. (Государственный Эрмитаж.)

Специальные исследования языковедов посвящены проблеме названия золота и определению корней этого слова. Эти исследователи пытались найти те очаги, где находилось золото в древнем мире. Интересно при этом отметить, что в Египте иероглифом золота служило изображение платка, мешка или корыта, что, очевидно, говорит о методе добычи золота из россыпей.

Золото различалось по качеству и цвету. Источником его являлись пески, местоположение которых детально обозначено в ряде египетских памятников, где есть указания на их существование в разных частях северо-западного Египта, осо-

бенно по берегам Красного моря, в песках из древних гранитов в районе Нила и, в особенности, в области Коссеира. Старые тексты указывают многочисленные точки добычи золота. Древние копи были также в пустынях Аравийской и Нубийской. Золотые рудники указываются уже за 2—3 тысячи лет до нашей эры.

В более поздних письменных памятниках золотые копи изображены и прекрасно описаны рядом авторов. В ряде текстов указано, что золото связано с блестящей белой породой, очевидно кварцевыми жилами, которая у некоторых древних авторов неправильно называлась греческим словом «мarmorос». Известны цена, добыча, методы эксплуатации и прочее.

Открытие Америки в XV веке — новая страница в истории золота. Испанцы привезли из Америки грандиозное количество драгоценного металла, они получили его путем военных грабежей и наводнили золотом Европу.

В начале XVIII века (начиная с 1719 года) в песках Бразилии были открыты богатые золотые россыпи. Всюду началась «золотая горячка» и поиски золота в других странах. В середине того же века в России около города Екатеринбурга (ныне Свердловска) были найдены первые кристаллики золота в кварцевой породе. Через столетие, в 1848 году, в Америке было сделано замечательное открытие: на далеком западе, за границей Скалистых гор, почти на берегах Тихого океана, в таинственной тогда еще Калифорнии были открыты месторождения золота неким Джоном Суттером, погибшим потом в нищете.

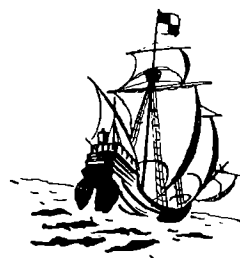
Туда устремились золотоискатели, целые караваны телег, запряженных быками, двигались на запад за новым счастьем. Не прошло и пятидесяти лет, как золото было открыто в Клондайке на полуострове Аляске, который так безрассудно по дешевке был продан нашим царским правительством Соединенным Штатам Америки. Из рассказов Джека Лондона мы знаем о том, как протекала борьба за золото в Клондайке. Сохранились фотографии «черных змей», прокладывавших дорогу через снежные вершины и просторы полярных гор; это были сплошные потоки людей, тащивших на плечах или на маленьких санках свой скarb и увлеченных идеей вернуться назад с горами золота.

В 1887 году открыты были первые золотые россыпи в Южной Африке, в Трансваале. Это богатство не принесло счастья бурам, открывшим его. После долгой и кровопролитной борьбы Англия сумела завоевать эту страну и почти уничтожила свободолюбивый народ — буров. Сейчас в Трансваале добывается свыше 50% всей мировой добычи золота. Есть золото и в Австралии.

Очень своеобразна была история завоевания золота у нас, в нашей



Промывка золота в древности. (Старинная гравюра.)





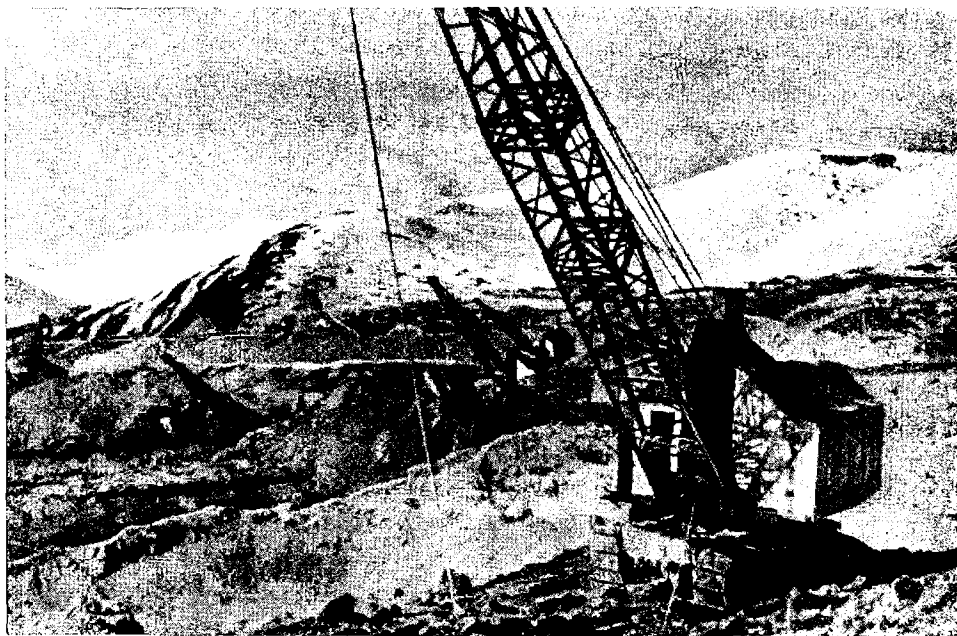
Искатели золота в походном снаряжении.

стране. В 1745 году на Урале, около Екатеринбурга, по реке Березовке было открыто крестьянином Ерофеем Марковым жильное золото. В 1814 году на Урале же впервые были открыты золотые россыпи штейгером Брусничным, наладившим его промышленное использование. Таким образом, колыбелью русской золотопромышленности является Урал. Во второй половине XIX века нашумело открытие россыпей на реке Лене, в Сибири. Это были сказочные богатства, на которые бросились авантюристы всех марок и всех стран. Одни ставили столбы и продавали заявки, другие в тяжелых условиях тайги мыли золото

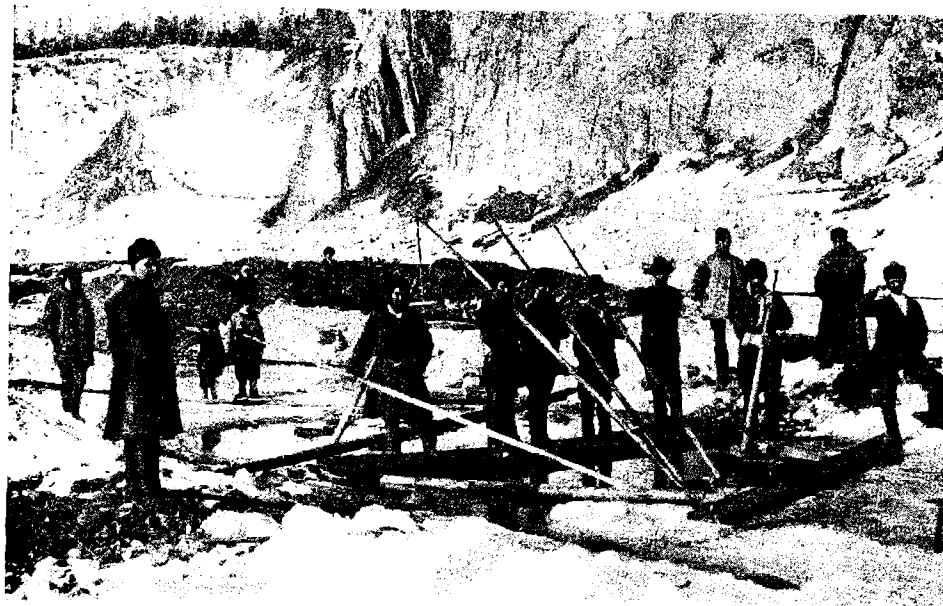
и возвращались богачами, третьи тоже добывали золото, но пропивали его тут же на месте, четвертые — их было большинство — гибли от цынги и непогоды.

Еще бóльшие богатства были открыты в начале 20-х годов этого столетия в знаменитом Алдане.

Мне пришлось как-то встретиться с одним старателем, работавшим в первые годы после открытия Алданских приисков. Он рассказывал



Экскаваторы вскрывают металлопесные пески.



Разведка песков на золото зимой — «вымораживанием».

о прошлом Алдана, о наплыве авантюристов, бежавших из белых армий, бросивших всё, чтобы проникнуть в верховья Алдана и разбогатеть на золоте. Он рассказывал об одном священнике, который оставил свою паству, с огромным трудом добрался до верховьев этой реки, сколотил плот и проник в труднодоступную местность, где намыл 25 пудов драгоценного металла. Он рассказал далее, как на Алдан пришла советская власть и золотые прииски стали валютным цехом нашей Родины.

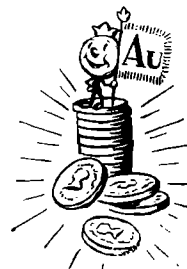
Так постепенно шла борьба за золото в истории человечества. Свыше 50 000 тонн этого металла было добыто, причем примерно половина его попала в банки, где скопилось больше 10 миллиардов золотых рублей. Успехи техники позволили постепенно добывать всё большее и большее количество металла, переходить от богатых руд к бедным.

Сначала это были простые, кустарные способы добычи, промывка песков ковшами, лоточками, а затем теми «американками»,¹ которые разошлись по всему миру после открытия золота в Калифорнии.

Впоследствии россыпи стали разрабатывать гидравлическим методом — сильными струями воды, а мелкие золотишки стали растворять в растворах цианистых соединений и, наконец, научились добывать золото из твердых коренных пород, применяя самые совершенные методы извлечения на огромных обогатительных фабриках.

И хотя человечество принимает все меры, чтобы сохранить собранное золото, и оно сохраняется под замками, в крепких хранилищах

¹ Длинные узкие корыта с поперечными порогами, служащими для улавливания золота.



государственных банков, а суда, перевозящие золото, сопровождаются конвоем из военных кораблей, — всё же из обращения золото изъято. Изъято оно из обращения и в виде монеты, также потому, что оно слишком стиралось и гибло.

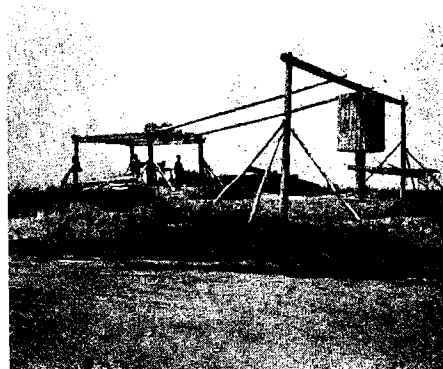
Человек добыл за истекшие тысячелетия своей культурной и хозяйственной жизни не более как одну миллионную часть всего золота, которое содержится в земной коре. Так почему же люди сделали золото своим кумиром — основой богатства? Нет никакого сомнения, что золото обладает рядом замечательных особенностей. Оно представитель «благородных металлов», то есть тех металлов, которые не изменяются на поверхности, сохраняют свой сверкающий блеск, не растворяются в обычных химических реагентах. И действительно, только свободные галоиды, как хлор или царская водка, содержащая смесь трех частей соляной кислоты и одной части азотной кислоты, а также некоторые редкие ядовитые цианистые соли обладают способностью растворять золото.

Золото отличается очень большим удельным весом. Наравне с платиновыми металлами, это один из

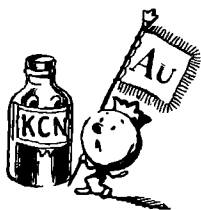
самых тяжелых элементов земной коры, удельный вес его достигает 19,3. Оно плавится сравнительно нетрудно, нагретое немного выше тысячи градусов, но зато очень трудно превращается в летучие пары. Для того чтобы довести золото до кипения, надо нагреть его до 2600° . Золото очень мягко и прекрасно куется, его твердость не выше твердости самых мягких минералов, и в чистом виде его можно поцарапать ногтем.

Химики так тонко определяют золото, что достаточно где-либо быть одному атому среди миллиарда атомов других металлов, чтобы химик смог его открыть в своей лаборатории (то есть определить до 1×10^{-10} грамма). Такое количество вещества нельзя взвесить при современной технике взвешивания никакими весами.

Золота совсем не так мало в земной коре, но оно рассеяно, и сейчас химики подсчитали, что среднее содержание золота в земле при-



Добыча золотых песков дудками при помощи ворота с конным приводом.



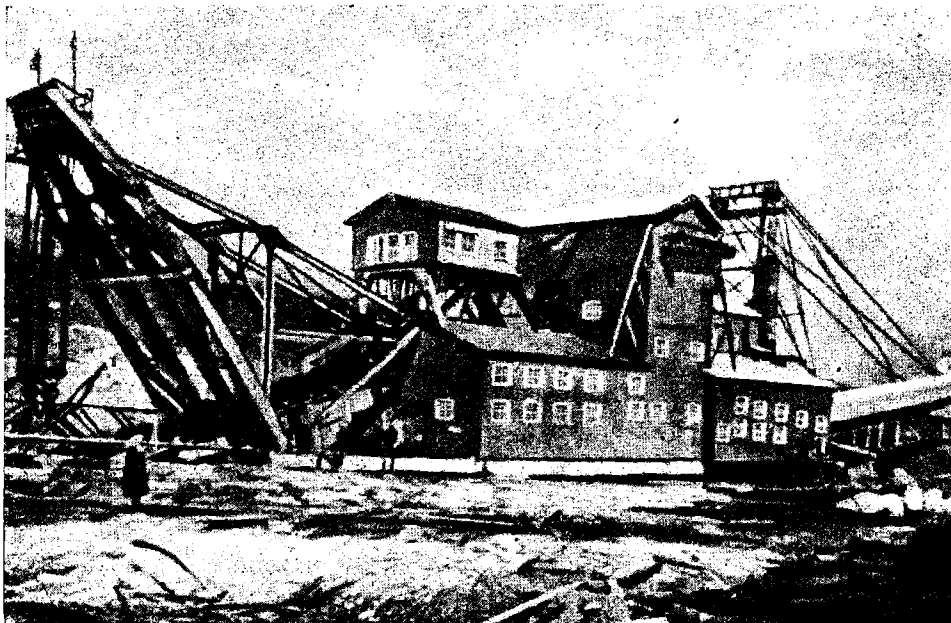
Проба на содержание золота промывкой песка в лотке.

мерно пять стомиллионных процента. Но ведь серебра, которое считается гораздо более дешевым металлом, всего только вдвое больше в земной коре! Самое замечательное, что золото распространено в природе всюду. Оно найдено в раскаленных парах в атмосфере солнца, оно встречается (правда, в меньших количествах, чем на земле) в падающих метеоритах, оно широко распространено в морской воде. Последние точные опыты показывают, что золота в морской воде пять миллиардных долей, то есть в одном кубическом километре морской воды золота находится пять тонн.

Золото попадает в граниты, накапливается в самых поздних расплавах гранитных магм, проникает в горячие кварцевые жилы, и там вместе с другими сернистыми соединениями, особенно железа, мышьяка, цинка, свинца и серебра, оно выкристаллизовывается при сравнительно низких температурах — около $150-200^{\circ}$. Так образуются большие скопления золота. При разрушении гранитов и кварцевых жил золото попадает в россыпи и, благодаря своей стойкости и удельному весу, собирается в нижних слоях песков. На него почти не влияют химически водные растворы, циркулирующие в пластах земной коры.

Много и долго трудились геологи и геохимики для того, чтобы выяснить судьбу золота на поверхности земли. Точные исследования показали, что оно странствует и здесь.

Оно не только механически измельчается до субмикроскопических размеров и в таком виде уносится в огромных количествах реками Сибири, но и частично растворяется, особенно в южном климате, где много хлора, перекристаллизовывается и попадает в растения и в поч-



На золотых приисках. Электрическая драга, работающая до глубины 25 метров.



Огромные чаны, в которых цианированием растворяют золото.

венные покровы. Опыты показали, что корни деревьев всасывают золото в свою древесину. Несколько лет тому назад ученые доказали, что золото собирается в зернах кукурузы в довольно большом количестве. Но еще больше золота накапливается в золе некоторых каменных углей, где количество его достигает 1 грамма на тонну золы.

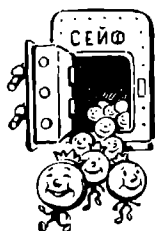
Таким образом, золото, как видно, продельывает сложный путь в земной коре, пока человек не извлечет его и не накопит в своих банках. Но всё же, как ни бьется больше 2 000 лет человеческая мысль в борьбе за добычу золота, как ни грандиозны отдельные золотые предприятия, всё же история, полная история этого металла нам не известна.

Наши знания о судьбе рассеянного золота так малы, что мы не можем составить полную цепь из отдельных звеньев его странствования. Куда девается золото, вынесенное в моря и океаны после размыва грандиозных горных цепей и гранитных скал, куда исчезло золото большого пермского моря, у берегов Урала оставившего богатейшие остатки солей, известняков и битумов?

Геохимики и геологи, вам еще очень много работы. На просторе миллионов квадратных километров наших золотоносных областей Сибири есть где разгуляться смелой научной мысли!

Но будущее золота не в кладовых банков, не в биржевой игре маклеров и капиталистов, а в использовании по-новому этого металла, гордое благородство которого надо превратить в знатное достоинство точной промышленности, электротехники и радиотехники — всюду, где нужен неизменяемый металл большой проводимости тока, устойчивый против всех химических деятелей природы.

И из кладовых и сейфов золото перейдет на заводы и в лаборатории как вечный металл!



РЕДКИЕ РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Земная кора состоит из многих десятков химических элементов. Только 15 из них являются сравнительно частыми и обычными: их мы можем встретить в составе почти каждой горной породы, остальные же более редки.

При этом некоторые из более редких элементов образуют крупные скопления в форме рудных минералов в рудных залежах; другие, как, например, золото или платина, содержание которых в земной коре очень невысоко, образуют мельчайшие, едва видимые крупинки самородных металлов и только очень редко — более крупные самородки.

Но как они ни редки, они встречаются в виде самостоятельных минералов, пусть даже очень мелких, даже таких мелких, что глазу не видно, но всё-таки в виде своих собственных минералов. А вот есть такие химические элементы, которых в земной коре мало, и минералов своих они не образуют. Химические соединения этих элементов растворены в других, более обыкновенных минералах, растворены подобно тому, как соль или сахар растворяются в воде: по внешнему виду не скажешь, чистая ли это вода, или в ней что-то растворено.

Точно так же и о минералах не всегда по внешнему виду можно судить, какие химически растворенные примеси в них содержатся. Если воду достаточно попробовать на вкус, чтобы сказать, безвкусная она, соленая или сладкая, — химический анализ минералов производится значительно сложнее, и особенно сложно выделить те химические элементы, которые попрятались в чужих минералах.

Сложный, длинный путь странствований по расплавам и по растворам прошли химические элементы, прежде чем в горных породах или в минеральных жилах они соединились в твердые минералы, наиболее устойчивые химические соединения. На этом длинном пути они испытали много различных превращений. Вместе и неразлучно прошли этот путь только те, которые особенно похожи друг на друга.

А чем больше сходство в химических свойствах двух каких-либо элементов, тем труднее найти такую химическую реакцию, которой их можно было бы разделить. И вот некоторые редкие элементы, вместо того чтобы выделиться в виде своих минералов, растворились, рассеялись иногда по многим минералам других химических элементов, поэтому мы их называем рассеянными элементами.

Что же это за элементы? В обыденной жизни и даже на школьных уроках по химии о них не услышишь, хотя с развитием техники эти





Многokратная кристаллизация растворов для разделения редких земель в одной из современных лабораторий.



торый в изломе часто образует совершенно ровные блестящие грани. Минерал этот довольно тяжелый, но внешне мало напоминает собою руду, хотя это и руда. Минерал этот называется цинковой обманкой, или, иначе, сфалеритом.

Состав его очень прост: на один атом цинка приходится атом серы. Но это только основной фон, это только главные составные части. Простота состава цинковой обманки только кажущаяся. Если наш образец желтовато-бурый, то другие образцы этого же минерала могут быть и бурыми, и темнoбурыми, и черно-бурыми, и даже совсем черными и тогда уже обладают настоящим металлическим блеском.

В чем же дело?

Оказывается, что темная окраска цинковой обманки зависит от растворенной в ней примеси сернистого железа: цинковые обманки, не содержащие железа, почти бесцветны или желтовато-зеленого и светло-желтого цвета. Чем больше железа, тем темнее окрашена цинковая обманка. Значит, в отношении железа верным указателем служит окраска этого минерала. Изучение внутреннего строения цинковой обманки рентгеновскими лучами показало, что отдельные частицы цинка и серы в ней расположены так, что каждый атом цинка окружен четырьмя атомами серы, а каждый атом серы — четырьмя атомами цинка.

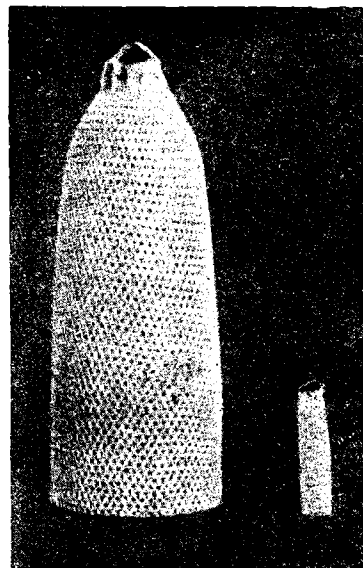
И вот на место отдельных атомов цинка встало железо и вызвало окраску цинковой обманки, причем атомы железа распо-

элементы всё больше и больше входят в наш обиход.

Это — галлий, индий, таллий, кадмий, германий, селен, теллур, рений, рубидий, цезий, радий, скандий и гафний. Мы назвали только наиболее характерные, хотя, при желании, этот список можно было бы еще увеличить.

Давайте посмотрим, где же и как эти редкие рассеянные элементы находятся в природе, как человек научился их открывать в других минералах и где они употребляются.

Вот перед нами лежит желтовато-бурый минерал, ко-



Колпачок для газовых горелок, содержащий окись тория.

жились вполне равномерно: или вместо каждого сотого атома цинка встал атом железа, или вместо каждого пятидесятого, или каждого тридцатого, двадцатого, десятого... И вот тут-то гостеприимный хозяин — цинк — обратился к железу и сказал: «Не слишком ли ты заселил мою квартиру?» Хотя железа в природе гораздо больше, чем цинка, железо способно замещать цинк в цинковой обманке только до известного предела: особенность, которую ученые называют ограниченной смесимостью.

Но на этом примере можно сделать еще одно интересное сравнение: подобно тому как в свободной лисьей норе не будет искать себе приюта ни мышь, ни медведь, для которого на зиму нужна гораздо более просторная берлога, — воспользоваться ею могут только близкие по размеру зверьки, — так и в цинковой обманке место цинка могут замещать только те элементы, атомы которых близки по размеру к атому цинка.

И в цинковой обманке мы встречаем из редких рассеянных элементов кадмий, галлий, индий, таллий, германий... Как видно, цинк является очень гостеприимным хозяином. Но не только цинк, а также и сера способна, в значительно, правда, меньшей степени, оказывать гостеприимство двум другим редким рассеянным элементам — селену и теллуру.

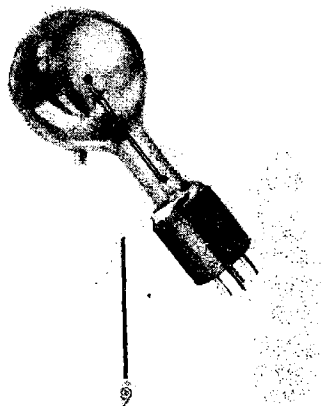
Как видите, состав цинковой обманки оказывается гораздо более сложным, чем это кажется с первого взгляда. Примерно то же самое можно сказать и о так называемых блеклых рудах, и о медном колчедане (халькопирите), и о многих других минералах.

Но геохимики выяснили еще дополнительные закономерности: оказывается, что богатые железом черные цинковые обманки обычно кадмия почти не содержат, но зато богаты индием, а иногда и германием, что галлий накапливается главным образом в светлобурых цинковых обманках, а кадмий — в медово-желтых.

Селеном и теллуrom обычно богаче темноокрашенные разновидности. Как видите, дружба между химическими элементами неодинаковая, и разные условия, разные соседи определяют собою, каких «квартирантов» можно поселить на предназначенное для цинка место...

Обнаружение редких рассеянных элементов оказывается делом не простым и требует особых приемов. Высокая ценность заставляет искать их даже тогда, когда содержание их очень мало. На помощь обычному химическому анализу с его наиболее усовершенствованными методами и наиболее чувствительными химическими реакциями пришли спектроскопический и рентгенохимический анализы.

Они, не требуя сложных химических разделений, способны сразу указать, какие еще химические элементы и в каких количествах находятся в данном минерале. Цинковая обманка, содержащая только



В фотоэлементах в качестве активного металла употребляют цезий и рубидий.



НЕ СЛИШКОМ ЛИ
ТЫ ЗАСЕЛИЛ
МОЮ КВАРТИРУ?

0,1 процента индия, уже является не цинковой, а индиевой рудой, потому что стоимость индия, даже при таком невысоком его содержании, больше, чем стоимость всего цинка...

Чем же заслужили редкие рассеянные элементы такое внимание, почему ими так интересуются, чем определяется их высокая ценность? Основная причина — это специфичность их применения. Это те своеобразные, особенные свойства, которыми обладают или сами металлы, или продукты, полученные из их соединений.

Так, окись тория светится при накаливании ослепительным ярким светом, что нашло свое применение в ауэровских колпачках.

Рубидий и цезий дают зеркала, легко испускающие электроны, что делает их незаменимыми в фотоэлементах.

Давайте проследим, где и как применяются редкие металлы или их соединения, которые добываются из только что описанной цинковой обманки.

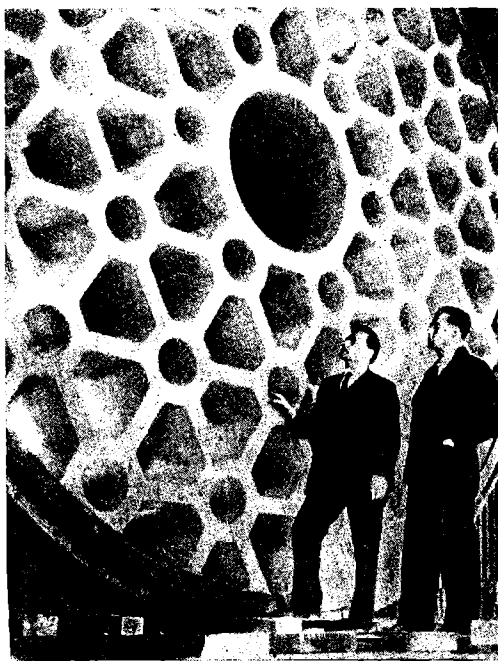
Кадмий... Светлосерый, сравнительно мягкий и легкоплавкий металл, плавится он при температуре 321° . Но стоит одну часть металлического кадмия сплавить с одной частью олова, двумя частями свинца и четырьмя висмута (каждый из этих металлов плавится при температуре выше 200°), как получится сплав, известный под названием сплава Вуда. Он плавится при температуре всего лишь 70° .

Подумайте только! Если сделать из такого сплава чайную ложку

и начать размешивать ею сахар, опущенный в стакан горячего чая, то в горячем чае такая ложка может расплавиться, и... на дне стакана, под слоем чаю, окажется жидкий металл! А при других соотношениях в сплаве тех же четырех металлов можно получить сплав Липовича — он плавится всего лишь при 55° ! Ведь таким расплавленным металлом даже руку себе не обожжешь.

Легкоплавкие металлы применяются во многих областях техники. Есть металл, который можно расплавить, держа его только в руке, при этом чистый металл, а не сплав. Это галлий, один из тех редких рассеянных элементов, которые находятся в цинковой обманке (кроме того, галлий встречается в слюдах, в глинах и еще в некоторых минералах).

Галлий плавится всего лишь при 30°C , и после ртути, которая плавится при минус 39° , галлий является одним из



Изготовление огромного, 200-дюймового (508 сантиметров), объектива для телескопа обсерватории Маунт Паломар в Калифорнии.

наиболее легкоплавких металлов и успешно заменяет при этом ртуть, пары которой, как известно, очень ядовиты, чего нельзя сказать про галлий. Поэтому галлий, как и ртуть, может быть применен в производстве термометров, но если ртутными термометрами обычно можно измерять температуру от минус 40° до плюс 360° , когда ртуть закипает, галлиевыми термометрами можно измерять температуру от плюс 30° до температуры размягчения стекла, то есть до $700-900^{\circ}$, а если взять кварцевое стекло, то и до $1\,500^{\circ}$, так как галлий закипает при температуре $2\,300^{\circ}$.

Но только стекло для трубок таких термометров должно быть специальное, огнеупорное. И таким термометром можно измерять температуру пламени или температуру многих металлов в расплавленном состоянии.

Кстати, у галлия есть еще одна интересная особенность: подобно тому как вода тяжелее льда, и поэтому льдины плавают на воде, так и твердый металлический галлий легче, чем расплавленный, и способен плавать на жидком галлии.

Эта редкая особенность присуща еще висмуту, парафину, чугуну. У всех же остальных веществ — наоборот: твердое вещество при плавлении тонет в собственном расплаве.

Но вернемся к кадмию. Этот металл, кроме ценных легкоплавких сплавов, применяется в трамвайном хозяйстве.

Приходилось ли вам видеть старую трамвайную дугу? Какой глубокий жолоб образуется в ней в результате постоянного трения о провод! Так же изнашивается и трамвайный провод, о который трется дуга.

И вот оказывается, что достаточно прибавить всего лишь 1% кадмия, чтобы изнашиваемость проводов значительно уменьшилась.

Но кадмий в трамвайном хозяйстве применяется еще для получения цветных стекол для сигнальных фонарей. Прибавление сернистого кадмия к стеклу вызывает окраску стекла в красивый желтый цвет, а селенистого кадмия — в красный цвет.

Применения индия не менее интересны, чем применения кадмия.

Известно, что сплавы, содержащие медь, очень быстро и сильно разрушаются под действием соленой морской воды. И тем не менее не всегда можно эти сплавы заменить химически более устойчивыми веществами, которые требуются для подводных лодок и гидросамолетов.

Оказывается, что если прибавить к этим сплавам очень небольшое количество индия, то их устойчивость по отношению к химическому действию соленой воды моря значительно возрастет.

Прибавление металлического индия к серебру значительно повышает его блеск, то есть повышает его отражательную способность. Это свойство использовано в производстве зеркал для прожекторов: индий, содержащийся в зеркале, заметно усиливает свет прожектора.

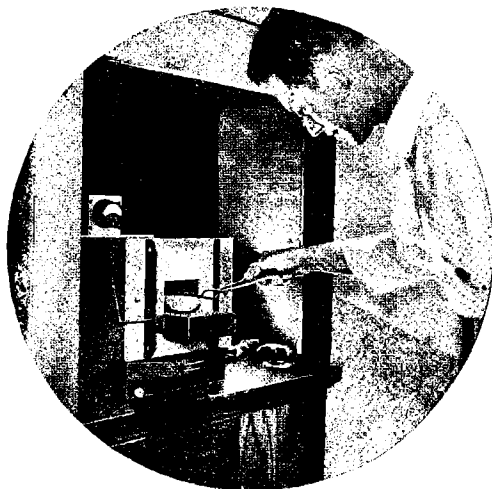
Совершенно неожиданными свойствами обладает редкий рассеянный элемент селен, ближайший родственник серы, обычно присутствующий



Разъедание копыт коровы под влиянием селена, оказавшегося в траве, выросшей на загрязненной почве.

$t = 30^{\circ}\text{C}$





Электрическая печь для прокаливания осадков при анализе редких земель.

щий в малых количествах в сернистых рудах.

В зависимости от освещенности селен резко изменяет свою электропроводность. На этом основана передача изображений по телеграфу и по радио. На этом построены многие автоматические контролеры, регистрирующие светлые или темные детали на конвейере. Наконец, точное измерение освещенности стало возможным только благодаря селену.

Другое важное применение селена — в производстве чистого, бесцветного стекла. Стекло обычно варится из кварцевого песка, извести и щелочи (сода или сернокислый натрий). Песок стараются брать возможно более чистый, особенно не содержащий железа, потому что железо в

стекле придает ему зеленоватый оттенок, которым, например, обладает бутылочное стекло.

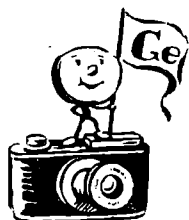
Достаточно ничтожных количеств железа, чтобы эта окраска появилась. А для оконных стекол нужно чистое, бесцветное стекло, еще лучшее качество стекла необходимо для очков, и совершенно безукоризненное стекло нужно для оптических приборов: микроскопов, биноклей, телескопов. Если прибавить в расплавленное стекло селенистокислого натрия, то селен входит в химическое соединение с железом, извлекая его тем самым из стекольного расплава, и получается бесцветное прекрасное стекло.

Для производства специальных оптических приборов, для светосильных биноклей, дающих сильное увеличение, для светосильных фотоаппаратов стекло должно обладать еще рядом специальных свойств. И это достигается прибавлением в небольших количествах двуокиси германия.

Германий — это один из редких рассеянных элементов, который, как и селен, присутствует в малых количествах в некоторых разновидностях цинковых обманок. Германий встречается также в некоторых сортах каменного угля.

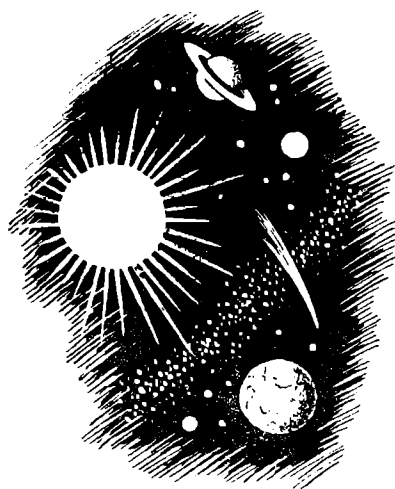
Итак, мы познакомились с тем, как редкие рассеянные элементы ведут себя в минералах и рудах. Мы познакомились с некоторыми свойствами этих необычных металлов и их своеобразным применением.

Важность этих применений объясняет нам, почему геохимия уделяет много внимания редким рассеянным элементам.



ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ИСТОРИЯ АТОМА В ПРИРОДЕ



ИЗ КОСМОСА НА ЗЕМЛЮ

Есть ночи, когда можно наблюдать на небе тысячи мимолетных вспышек. «Звезда упала, загадай что-нибудь», — говорят часто при этом суеверные люди. Иногда можно увидеть настоящий «метеор», или «огненный шар». Тогда на несколько секунд становится светло, как днем; как бы огромная ракета несется по небу, разбрасывая искры, окрашенные то в зеленый, то в яркокрасный цвет. Вдруг от ракеты отделяются осколки, они разлетаются во все стороны, как при взрыве. Слышен и звук, чаще трескотня, как от стрельбы из ружей, реже грохот.

Иногда удается видеть, как метеор направляется к земле и быстро гаснет. Бывает и так, что остается след в виде слабо светящейся полоски или мерцающего облачка: порою еще четверть часа спустя виден путь, по которому пронесся метеор.

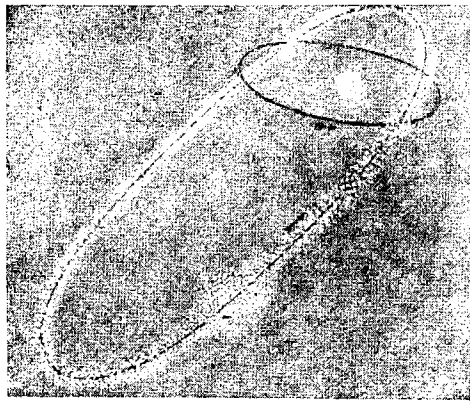
Число падающих звезд очень велико. Вычислено, что за сутки вступает в пределы земной атмосферы от шести до восьми миллионов таких космических крупинок! Они проникают в земную атмосферу со скоростями от десяти до восьмидесяти километров в секунду, смотря по тому, нагоняют ли они землю сзади или же несутся на нее встречным потоком.

Это космическое вещество, космическая пыль, падающая на землю. Пока метеоры холодны, они невидимы, но на высоте 120—150 километров атмосфера становится более плотной, камни разогреваются до свечения и становятся видимыми. На высотах 30—60 километров сопротивление возду-



Полет болида.





Метеоритный поток и орбита земли.



ха при космических скоростях огромно, и метеор, толкая перед собою воздух, сжимает его, как пружину, которая в конце концов останавливает полет. Метеор, раскалясь до температуры в несколько тысяч градусов, взрывается, и осколки падают уже медленно, с земными скоростями.

Особенно велико число падающих звезд в начале августа, в середине ноября и в конце апреля.

Периодические дожди падающих звезд более всего способствовали объяснению загадочного явления. Когда определили орбиты августовского и ноябрьского потоков, то оказалось, что

по тем же орбитам обращаются вокруг солнца осколки каких-то космических тел, может быть, кометы, а может быть, бывшей планеты или астероидов. Таким образом, скопления космической пыли в этом случае связаны с распадом небесных тел, которые дают метеорное кольцо.

Пересечение орбиты земли с метеорным кольцом и дает обильное падение метеоров. Наибольшее число падений приходится на утренние часы перед восходом солнца. Оно и понятно, ибо утром вращение места наблюдения всегда является встречным годовому движению земли в орбите.

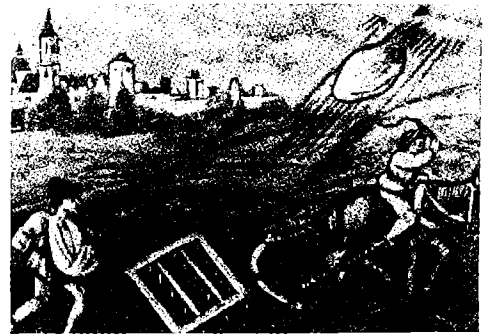
В некоторые годы бывает очень обильное падение звезд.

Так, например, 12 ноября 1799 года в Южной Америке Гумбольдт и Бонплан наблюдали падение нескольких тысяч звезд одновременно.

Мы видим путь из космоса на землю, путь, который запечатлеваем на фотографиях; собираем осколки на земле, исследуем их в лабораториях. В тихий, спокойный вечер на небе раздается раскат, потом следующий; в синеве неба сверкают яркие звезды, которые в несколько секунд разлетаются искристыми лучами, оставляя длинные, медленно умирающие серебристые нити.

А в землю врываются какие-то камни, как снаряды дальнотбойного орудия, со зловещим свистом проносятся они над деревьями и полями, глухо ударяясь о пашню; иногда они глубоко врезаются на несколько метров в песок или глину, иногда же бесsilно падают, как потерявшие свою кинетическую энергию пули, на гладкую поверхность льда. Это атомы из других миров, это метеоры.

Далеко и безбрежно тянется полярная пустыня, пыль городов



Падение метеорита в Швейцарии. (По старинному рисунку XV века.)

не достигает этих широт, и чисты порывы полярного ветра и полярной бури; только изредка могучие вулканы в периоды извержений выбрасывают в высокие слои тропосферы мельчайший пепел из своих раскаленных жерл, и с высот воздуха в 10—15 и 20 километров падает вниз вулканическая пыль.

Но обычно ясен небосклон Арктики, прозрачны солнечные закаты, и чистый снег покрывает всё своей сверкающей белизной. И всё-таки, смотрите, — кое-где лежат рассеянные черные, бурые точки. Растопим полярный снег и дадим воде отстояться. На дне наших узких цилиндров мы найдем какие-то пылинки. Это тоже атомы из других миров, это метеорная пыль — криоконит.

Со скрежетом и шумом цепей наматывается на вал лебедки стальной трос из глубин океана; свыше пяти километров должна быть его длина, чтобы он мог вытянуть из глубины на палубу нашего судна глубоководную драгу; благодаря хитроумному приспособлению она глубоко врезается в илистое дно морских глубин; красная илистая масса вытекает вместе с соленой водой, мельчайшие илистые частицы висят во взмученной воде в стакане, и лишь несколько черных точек лежит на дне. Не пришельцы ли это из других миров?

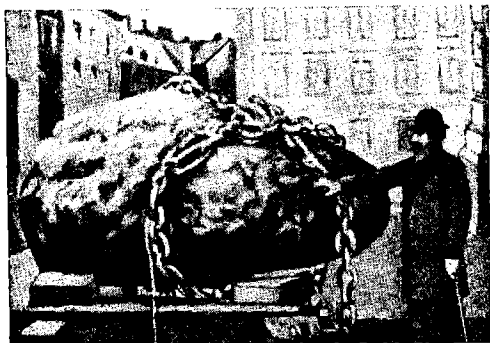
Не остатки ли и это метеорной пыли?

Тысячи камней падают с неведомых высот на нашу землю, мы не знаем ни их числа, ни их весового количества. Количество известных падений в какой-либо стране тем больше, чем больше ее население. Может быть, десятки, а может быть, и сотни тонн космического вещества ложатся новым бременем на поверхность нашей земли, совершенно незаметно для человека, вдали от его жилья, на просторе лесов, снегов и морей. Вспомним, что все метеориты, упавшие на территории Советского Союза, найдены по линиям наших крупных железных дорог.

Первый метеорит в России,



Гумбольдт и Бонплан наблюдают метеорный дождь в Южной Америке в 1799 году.



Метеорит из Гренландии, вес его 60 тонн.





Метеорит из Австралии, найден в 1884 году. Вес около тонны, длина 1,4 метра.

весом около полутонны, найден был на берегу реки Енисей кузнецом из деревни Медведевой в 1749 году и был перевезен в Петербург в 1772 году академиком Палласом. Местные татары говорили Палласу, что эта железная глыба упала с неба, но сам он этому не поверил и привез железную массу в Петербург просто как диковинку, поместив ее в кунсткамеру Академии наук. Этот метеорит получил всемирную известность под названием «Палла-

сово железа», так как именно по поводу него член-корреспондент Академии наук Хладни (или Хладный) высказал мысль о существовании камней-пришельцев из межпланетного пространства.

Интересные подробности дошли до нас о падении замечательного метеорита «Новый Урей», в котором был обнаружен впервые минерал алмаз. Метеорит упал в сентябре 1886 года, утром, в пасмурный день. Со страшным взрывом упали на землю два огненных шара.

Вот более подробное описание этого замечательного случая.

В сентябре 1886 года поутру несколько крестьян верстах в трех от деревни Новый Урей пахали свое поле. День был пасмурный, вся северо-восточная сторона неба была покрыта тучами. Вдруг совершенно неожиданно сильный свет озарил всю окрестность, затем раздался страшный треск, подобный пушечному выстрелу или взрыву, за ним второй, более сильный. Тотчас же в нескольких саженьях от крестьян упал на землю огненный шар; вслед за этим шаром невдалеке над лесом спустился другой, значительно больший. Всё явление продолжалось не более минуты. Обезумевшие от страха крестьяне попадали на землю и долго не решались двинуться. Наконец один из них поднялся и увидел неглубокую яму; в середине ее, углубившись до половины в землю, лежал очень горячий камень черного цвета. Тяжесть камня поразила крестьянина.

Второй большой камень, который упал в лес, им найти не удалось, но на следующий день один из крестьян того же поселка на поле гречихи случайно нашел такой же точно камень, какой принесли его соседи. Этот камень тоже образовал вокруг себя яму; часть его была в земле.

Камни разбили на части и разобрали местные жители, сохранявшие их, как святыню, которая будто бы исцеляет людей и скот, приносит дому богатство, дает оправдание на суде.

12 февраля 1947 года в Приморском крае, в горах Сихотэ-Алинь, выпал огромный метеорит, падение которого вызвало слышные за 300 километров взрывы. Падение этого метеорита сопровождалось настоящим железным метеоритным дождем. Общая масса выпавших камней превышала 100 тонн. Собрано осколков общим весом 5 тонн. Самые крупные обломки весят около 300 килограммов.

Почти все они сейчас доставлены в метеоритную коллекцию Академии наук СССР, где в настоящее время подвергаются тщательному изучению.

В громадных пространствах пустыни Сахары, в тайге Восточной Сибири лежат, быть может, где-то погребенные еще большие массы этих неземных камней.



Внешний вид метеоритов очень характерен. Они всегда имеют хотя бы на части поверхности оплавленную корку, напоминающую корку хлеба. По этой корке и по расплавленным включениям сульфидов железа, а также по наличию никелистого железа их и узнают.

Если железистый метеорит отполировать и поверхность протравить соляной кислотой, — появляется рисунок его структуры, так как кристаллы, богатые никелем, травятся труднее. Получаются так называемые фигуры Видманшtedта.

Первый, кто дал научное объяснение метеоритам в 1794 году, был физик Хладни. Но объяснение Хладни было принято учеными недоброжелательно, над ним просто издевались. К сожалению, история науки нам сохранила не один случай, когда буржуазные ученые отличались такой же нетерпимостью, как обыватели, не желая отказываться от излюбленных и всеми признанных начал. Но Хладни поддержали французский ученый Био и знаменитый путешественник А. Гумбольдт.

Одно из интереснейших небесных явлений наблюдалось 10 февраля 1896 года в столице Испании, Мадриде.

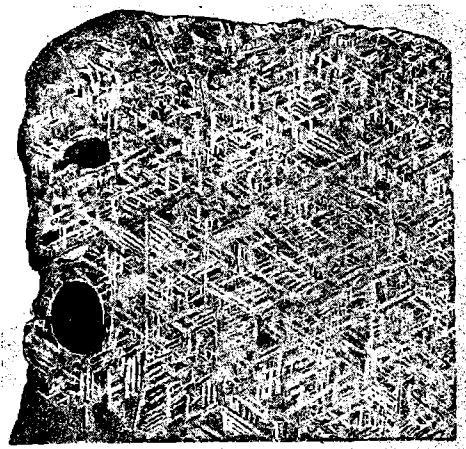
В солнечный день, в полдень, на небе появился сноп ослепительно-голубого цвета такой силы, что солнечный свет померк, и некоторые наблюдатели временно ослепли. Затем раздался взрыв, и на город полетели камни. Некоторые осколки, — а их были собраны тысячи, — попали в людей.

Один осколок, весом примерно в 150 граммов, пробил газету. Край отверстия оказались опаленными — такова была температура осколка! Можно также упомянуть огромные массы железа в штате Аризона, где метеорит сделал яму свыше километра шириной и где железо даже пытались извлечь для практических целей, так его было много.

В 1908 году в Сибири, в Енисейском крае, пронесся огромный метеор, поваливший деревья на протяжении сотен километров. Сам метеорит, однако, найден не был, хотя русский исследователь Л. А. Кулик разыскивал его несколько лет.

Четыре типа метеоритов показывают нам наши музеи. Это тектиты и три сорта собственно метеоритов.

Первые, тектиты, прозрачны, как стекло. То темнозеленые, то бурые, то светлозеленоватого тона, они многие тысячи лет лежали в песке и потому часто изъедены с поверхности. Их десятки тысяч в одном только Пражском национальном музее, их тысячи в Чикаго и в Париже. Точный хи-



Фигуры травления на полированной поверхности метеорного железа.



Падение болида над Мадридом в полдень
10 февраля 1896 года.

мический анализ говорит нам об их атомах: это типичные стекла, богатые кремнеземом, с высоким содержанием алюминия и щелочей, особенно калия и натрия. Они нам напоминают состав песков богатых кремнеземом порфиров, они вообще химически очень сходны с нашими гранитами. И не хочется людям принимать их за камни космоса: одни их считают земными вулканическими стеклами, другие — искусственными шлаками доисторического человека, третьи думают, что это расплавленный зноем метеоритов земной песок...

Загадка не разгадана, ибо незыблемых доказательств их неземного происхождения нет. Наоборот, весь космос и все известные нам настоящие камни космоса совершенно иного состава, в них другие атомы определяют природу, в них другие химические черты... И только одно небесное тело приходит мне всегда на память, когда в бурном разногласии мнений вновь и вновь встает загадка тектитов.

Недалеко от нас совершает свой путь луна, наш спутник; в большой телескоп видим мы мертвую поверхность луны, резкие тени краев кратеров и хребтов ложатся на безжизненные поверхности некогда расплавленной планеты, с могучими взрывами потерявшей свои легколетучие атомы.

Сложными методами изучая отраженные лучи света, догадываются ученые о составе луны. Порфиновые лавы, богатые кремнеземом и щелочами, должны были образовать конусы вулканов, большие белые пятна сернокислых соединений щелочей — алунита — образовали как бы лучи вокруг отдельных жерл. Состав луны должен отвечать составу наших тектитов, и даже величины удельных весов не противоречат этой гипотезе.

И что же? Может быть, луна, отделившаяся от земли и оторвавшая от ее поверхности расплавленные массы кислых гранитных пород, и положила им начало?

Может быть, это действительно кусочки, подобные луне, некогда оторванные от земли могучими пароксизмами ее вулканической деятельности?

Может быть, это застывшие капли тех могучих пеплов, которые были выброшены в мировые пространства величайшей катастрофой земли — отрывом ее спутника?

Но вот перед нами лежат настоящие метеориты: глыбы в десятки тонн весом черных, как бы обугленных космических тел, то в виде громадных градин, то неправильных, разъеденных форм.

Одни имеют вид обычных горных пород: на глаз в них видны такие же кремневые соединения, как в гранитах или диоритах, только сверкающие частицы сернистых соединений и изредка зерна блестящего металла осложняют картину.

В других металла значительно больше, он как бы сплошной массой залил кристаллики кремневых соединений и сплавил их контуры. Это так называемые «паласситы».

Наконец, третьи почти из одного металла — железа и никеля, и лишь отдельные пятна более редких соединений серы, фосфора и углерода разнообразят картину.

Первых гораздо больше, чем последних, и ученым удалось после многих лет упорной работы, после труднейших и сложнейших анализов нескольких сотен отобранных и очищенных метеоритов дать полный химический их состав.

И что же оказалось?

Ни одного элемента, чуждого земле, ни одного атома, незнакомого нашей природе, — все атомы Менделеевской таблицы там налицо; всё, что искали, всё было найдено, полная таблица элементов Менделеева, без тех же номеров 85 и 87, о которых и на земле так много спорят. Значит, то же самое, ничего нового! Какое разочарование!



Воронка кратера от падения метеорита, найденная в штате Аризона в 1891 году.
Поперечник воронки 1200 метров, глубина 170 метров.



Однако это не так. Самое замечательное и самое новое заключается в количестве тех атомов, из которых состоят метеориты.

Напишем сейчас таблицу из шестнадцати главнейших типов атомов, входящих в средний состав метеоритов, и при этом расположим атомы по порядку их атомных номеров, а рядом — такую же таблицу для тех же самых атомов в земной коре.

Средний состав земной коры и метеоритов

Атомный номер	Элементы	Средний весовой состав земной коры	Средний состав глубинных (перидотитовых) пород	Средний состав каменных метеоритов, по Ноддаку	Средний состав железных метеоритов, по Чирвинскому	Средний состав центр. ядра земли, по вычислениям
1	Водород . . .	1,00	—	—	—	—
6	Углерод . .	0,80	—	—	0,11	0,03
8	Кислород . .	49,13	42,05	42,04	—	—
11	Натрий . . .	2,40	0,50	0,72	—	—
12	Магний . . .	2,35	10,91	15,90	—	—
13	Алюминий . .	7,45	3,26	1,61	—	—
14	Кремний . .	26,00	23,00	21,43	—	—
15	Фосфор . . .	0,12	—	—	0,22	0,17
16	Сера	0,10	0,54	2,01	0,16	0,04
19	Калий	2,35	0,22	0,26	—	—
20	Кальций . . .	3,25	5,09	1,92	—	—
24	Хром	0,03	0,31	0,50	0,06	—
26	Железо . . .	4,20	13,50	12,76	90,00	90,67
27	Кобальт . . .	0,01	—	—	0,69	0,59
28	Никель . . .	0,02	0,33	0,21	8,70	8,50
29	Медь	0,01	—	—	0,06	—

Из этих цифр ясно видно, что составы удивительно близки. Так, например, каменные метеориты отличаются от состава наиболее распространенной в глубинах породы — перидотита — лишь превышением магния, серы и некоторым недостатком кальция.

Цифры, приводимые здесь, — не отдельные анализы какого-либо метеорита, которые могут сильно колебаться, а средние, вычисленные из многих сотен анализов так, как если бы мы все метеориты (а их известно в совокупности много тонн) смешали в одну кучу, измельчили до тонкого порошка, порошок перемешали бы до полной однородности состава и после этого сделали бы анализ.

Полученные так цифры очень упрямы и устойчивы; можно повторять вычисления, прибавляя всё новые данные: изменения состава при этом не происходит даже на десятые доли процента. Также и состав распространенной в глубинах земной коры породы, называемой перидотитом, взят средний из многих анализов и тоже отличается постоянством, где бы мы перидотит ни нашли — в Африке или в Сибири.



Метеорит, упавший 29 сентября 1938 года. Пробил крышу гаража, верх автомобиля и упал на сиденье. Вес 1814 граммов.

Средние цифры приводят к выводу, что, по сравнению с перидотитами, метеориты обогащены как раз такими элементами (сера, никель, железо), которых больше в глубинах земли. Ядро земли состоит, может быть, целиком из никелистого железа. Это замечательный вывод.

Средний состав космического вещества и средний состав земли одинаковы не только качественно, но и количественно: все элементы входят в одинаковой пропорции как в состав земли, так и в состав вещества солнечной системы; такое удивительное совпадение не может быть игрою случая, а вызвано только одним: единством происхождения. Кровное родство маленькой планеты земли с ее братьями и сестрами планетами получает еще одно — и самое веское — доказательство!

Мы кончаем нашу главу о космических камнях.

Тяжелыми ударами падают метеориты на землю, мелкой пылью ложатся метеоритные частицы на поверхности морей, континентов и ледяных масс. Реальные атомы падают к нам, и сотни тысяч метеоров увеличивают ежегодно вес нашей планеты; но если бы даже падало 1 000 тонн ежегодно, то за всю историю нашей земной коры, за 2—3 миллиарда лет прибавилась бы только одна миллионная часть веса не всей земли, а только поверхностной ее пленки.

Но кто может поручиться, что всегда их падало так мало, как сейчас, кто может отрицать, что, может быть, именно в этих атомах сле-





Кратер от метеорита в окрестностях озера Каалиярв на острове Саарема (Эзель), в 20 километрах от города Аренсбурга. (Снимок с самолета.)

дует видеть причину постепенного роста нашей земли? Никто пока не может ответить на этот вопрос.

Разгадка — в космосе. Оттуда, из познания светящихся и нагретых миров, может быть, придет разгадка. Туда мы должны направить наши взгляды — к солнцу, к звездам!

Земля не одинока, тысячи носителей энергии и вещества связывают нашу землю с космосом, быстрые атомы водорода и гелия ускользают из поля тяготения земли, неведомые еще излучения приносят нам материальные частицы солнца и звезд.

Жизнь земли, ее календарь, судьбы ее непогоды, ее сверкающие северные сияния, работа радиоприборов — всё зависит от хаоса волн, от длинных до ультракоротких, от световых до ультрафиолетовых; на волнах несутся к нам и материальные частицы чуждых нам звезд и галактик. Солнце, Млечный Путь, великие созвездия, — под вашим знаком идет жизнь!

Вперед, на борьбу за знание путей атомов во вселенной!



АТОМЫ В ГЛУБИНАХ ЗЕМЛИ

В ряде занимательных романов Жюль Верна, Жорж Занд и академика Обручева описаны путешествия к центру земли, в недоступные глубины мира. В других произведениях фантазия писателя следует за полетом в неведомые выси. Эти книги, начиная с фантастических романов XVII века вплоть до тщательно рассчитанных «полетов на луну» Циолковского, уводят нас в далекие, казалось бы, недоступные миры.

В этих увлекательных романах проявился пытливый ум человека, который не мог и не может примириться с тем, что он живет на тоненькой пленке земли и что всего лишь каких-нибудь 20—25 километров земной оболочки доступны его глазу.

Нет никакого сомнения, что в борьбе за расширение мира и овладение миром за последние пятьдесят лет человек добился больших успехов. Спортивные стремления достигнуть высочайших снежных вершин сменились научными экспедициями Академии наук СССР за овладение Памиром.

Остались в прошлом идеи о неприступности высоких слоев атмосферы, куда не доходят ни шум, ни сутолока земли, ни химическая борьба земных молекул: наши смелые стратонавты Федосеенко, Васенко и Усыскин ценою своей жизни открыли первую страницу в овладении воздушными высотами.

Полеты на стратобаллонах сильно подвинули познание областей, где очень резко уменьшается количество вещества, где на один кубометр приходится всего лишь несколько затерявшихся в мировом пространстве частиц, где тысячи километров свободного пробега совершают летающие атомы.

Высоты влекут человека прежде всего, и здесь достижения совершенно реальны: техника добилась огромных результатов, и ученые знают далекий, не доступный нам еще мир гораздо лучше, чем тот, который расстилается под нашими ногами.

Но значительно слабее наши успехи в познании глубин, куда, главным образом, влечет борьба за нефть и за золото. Человек бурит скважины и проводит шахты, проникающие в недра земли, но самые глубокие нефтяные скважины достигают пока длины 5 километров, а самая глубокая шахта на золото не достигла 3000 метров. И это считается уже блестящей победой.

В своем стремлении за золотом и нефтью человек, конечно, сумеет уйти еще глубже. Весьма вероятно, достижения новой техники позво-



лят перекрыть эти рекорды еще на несколько километров. Но что такое эти несколько километров по сравнению с величиной земного радиуса в 6377 километров? Они составляют всего одну тысячную радиуса земли.

Если бы земля была величиной с арбуз, то наше проникновение внутрь равнялось бы всего двум десятым миллиметра.

Совершенно понятно, что с таким положением вещей человеческая мысль мириться не может, и всех людей науки, начиная с самых древних философов и кончая астрономами нашего времени, занимает проблема внутреннего строения земли и пути овладения глубинами планеты. Попробуем хотя бы отрывочно представить себе то, что мы знаем о земных глубинах, совершив мысленно путешествие от земной поверхности до глубин и посмотрим, что встретится нам на этом пути.

* * *

Первую попытку описать путешествие в земные глубины мы встречаем у Ломоносова. Правда, эти его идеи разбросаны в ряде трудов, но А. Н. Радищев в своем «Слове о Ломоносове» собрал их воедино. Любопытно, что Радищев, заканчивая свое знаменитое «Путешествие из Петербурга в Москву», как раз последние страницы своего рассказа о тяжелом странствовании по ухабам грязной почтовой дороги посвящает своеобразному путешествию Ломоносова к центру земли и рисует картины, которые увидит ученый, если он последовательно будет спускаться от земной поверхности к земным недрам. Вот это замечательное описание:

«... Трепещущ нисходит [Ломоносов] в отверстие и скоро теряет из виду живоносное светило. Желал бы я последовать ему в подземном его путешествии, собрать его размышления и представить их в той связи и тем порядком, какими они в разуме его возрождались. Картина его мысли была бы для нас увеселительною и учебною.

Проходя первый слой земли, источник всякого прозябания, подземный путешественник обрел его несходственным с последующими, отличающимся от других паче всего своею плодоносною силою. Заключение, может быть, из того, что поверхность сия земная не из чего иного составлена, как из тления животных и прозябаний, что плодородие ее, сила питательная и возобновительная, начало свое имеет в



Пик Сталина на Памире.

неразрушимых и первенственных частях всяческого бытия, которые, не переменяя своего существа, переменяют вид только свой, из сложения случайного рождающийся. Проходя далее, подземный путешественник зрел землю, всегда расположенную слоями.

В слоях находил иногда остатки животных в морях живущих, находил остатки растений и заключать мог, что слоистое расположение земли начало свое имеет в наплавном положении вод и что воды, переселяясь из одного края земного шара к другому, давали земле тот вид, какой она в недрах своих представляет.

Сие единовидное слоев расположение, теряясь из его зрака, представляло иногда ему смешение многих разнородных слоев. Заключал из того, что свирепая стихия огонь, проникнув в недра земные и встретив противоборствующую себе влагу, ярься, мучила, трясла, валила и метала всё, что ей упорствовать тщилось своим противодействием.

Смутив и смешав разнородные, знойным своим дохновением возбуждала в первобытных металлов силу притяжательную и их соединила. Там узрел Ломоносов сии мертвые по себе сокровища в природном их виде, вспомнил алчбу и бедствие человеков и с сокрушенным сердцем оставил сие мрачное обиталище людской ненасытности».

Разбираясь в этом замечательном тексте, мы можем сказать, что он полностью отвечает нашим современным представлениям; ни одно слово в нем не может быть нами опровергнуто. Только язык у нас другой.

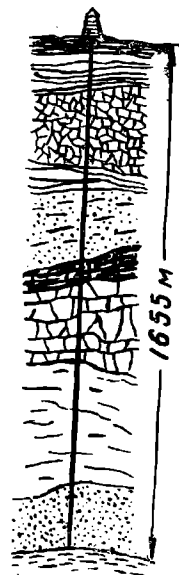
Но вот если эту фантастическую картину ученого XVIII века мы попытаемся сопоставить с картиной нашего гораздо более реального представления о недрах, изученных с помощью буровых инструментов, то увидим следующее.

В Москве несколько лет тому назад за Крестьянской заставой была построена небольшая вышка, которую никто не видел со стороны улицы. В этой вышке находился буровой станок, который должен был пробурить до больших глубин нашу землю, чтобы узнать, на чем стоит Москва.

Стали упорно и долго бурить, стремясь дойти до глубин в несколько километров. Сначала прошли глины и пески, которые были отложены на Московской равнине южными потоками большого, спускавшегося из Скандинавии ледника. Это были последние пароксизмы той ледниковой эпохи, которая сплошной пеленой снега и льда покрыла весь север Европейской части Союза.

Под этими глинами шли различные известняки, они перемежались прослойками мергелей и опять глин, местами среди известняков попадались известковые скелеты и раковинки ракушек, известняки сменялись песками, а среди них отдельные угольные прослойки говорили нам об угольных бассейнах, которые снабжают своим топливом и газом Центральную промышленную область.

Геологи детально рассмотрели осадки древних каменноугольных морей и нашли, что эти моря сначала были неглубокими, берега их были покрыты буйной растительностью, бурно разраставшейся в условиях влажного и жаркого климата. Потом эти моря стали углубляться, воды с востока и севера набегали и ломали леса, уничтожали растения, роскошный мир подводных живых существ положил начало коралловым рифам, банкам ракушняка. В это время откладывались те известняки, которые шли на постройку домов в Москве и дали Москве имя Белокаменной.



Всю эту сложную серию слоев, оседавших в течение долгой каменноугольной эпохи, в течение многих десятков миллионов лет, пересекала наша буровая, пока не вошла в новые осадки огромных количеств гипса. На сотни метров опускалась буровая сквозь гипсовые толщи по глинистым прослойкам, через большие количества воды.

Эти воды были насыщены сначала сернокислыми солями, а потом, глубже, всё более увеличивалось содержание хлористых солей, буровая проникла в рассолы, в десять раз более насыщенные солями, чем морская вода. Это были преимущественно хлористые соли натрия, кальция, и среди них было много солей брома и иода.

Это была картина уже не каменноугольной, а еще более древней, девонской эпохи: исчезающие моря с соляными озерами, лиманами, пустынями, окружавшими берега этих морей, а соли, откладывавшиеся на их дне толстым покровом, перемежались то тонкими илами, то пылью, нанесенной ураганами и смерчами девонской пустыни.

Буровая проникла уже на 1,5 километра. Что же будет дальше? Что будет под этими осадками древних девонских морей, какие новые картины встретит геолог, когда буровые углубятся еще на несколько сот метров? Сложные догадки волновали ученых, и смелая мысль искала различных гипотез. Но вот вдруг на глубине 1645 метров появились пески. Это, повидимому, были берега девонского моря: пески говорили о том, что близка суша. Среди них попадались отдельные гальки изверженных пород, окатанные обломки берега моря. Это были уже берега, настоящие берега, и через 10 метров скважина врезалась в твердый гранит.

Так в конце июля 1940 года в Москве буровой инструмент впервые достиг гранитного остова — той основы, на которой покоится вся русская земля от Ленинграда на севере до Украины на юге. Вскоре новые буровые скважины в Сызрани и дальше на востоке примерно на той же глубине достигли гранитного ложа и подтвердили гениальные прогнозы академика А. П. Карпинского, что под поверхностью всей нашей Европейской равнины лежат древние гранитные массы — та старая платформа, или щит, которую мы знаем по красивым скалам гранитов и гнейсов Карело-Финской Республики, а на юге — на берегах Днепра и Буга. Буровые прошли еще 20 метров в твердом граните. По определениям геологов, это были настоящие гранитные породы, те древние осадки, возраст которых мог исчисляться не меньше чем в миллиард лет.

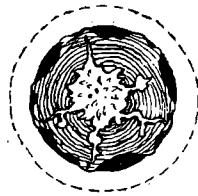
Так буровая достигла глубокого ложа Москвы. А что лежит дальше? Что ждет бур под этими гранитами? Можно ли еще пройти до 2 000 метров, чтобы достигнуть тех глубин, на которых плавают гранитные массы?

Идут бурные споры по этому вопросу. Одни считают, что безнадёжно продолжать дальнейшее бурение, что много сотен и даже тысяч метров нужно пройти, чтобы эти твердые толщи гранито-гнейсовой платформы закончились.

Другие настаивают на том, чтобы продолжать бурение и разгадать загадку еще больших глубин. Огромные трудности стоят на пути, и с каждым следующим метром сложнее и сложнее делается работа буровишников, поднимающих из глубин почти в 2 километра красивые розовые твердые керны гранито-гнейсов московских глубин.



Сейчас еще невозможно достигнуть самых глубоких слоев земли, для этого слаба человеческая техника, иными путями надо идти в борьбе за овладение более глубокими зонами земли. Об этом впервые заговорил в 1875 году молодой геолог Эдуард Зюсс.



Он поставил перед собой задачу рассмотреть землю с высоты птичьего полета во всеоружии молодой геологии и родившейся уже тогда геохимии. Зюсс попытался наметить основные более однородные части, из которых состоит земля. Для этого он пошел, прежде всего, по пути старых философов и разделил сначала глубины земли на три простых оболочки: воздух, или атмосфера, окружающая сплошным сводом всю землю; вторая, гидросфера — это воды и океан, — которая покрывает твердую землю и пропитывает ее, и, наконец, литосфера — область камня, где в глубинах вечно горят пожары огня, выдыхаемого вулканами.

Это первое деление он продолжил еще дальше, выделив барисферу на основе анализа химического состава твердых пород.

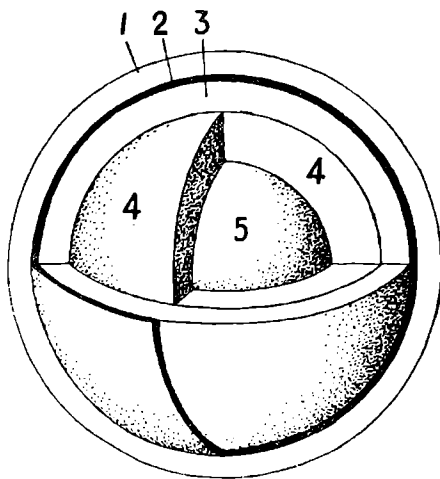
И вот с этого времени началась упорная работа химиков и физиков, геохимиков и геофизиков для того, чтобы дальше и глубже разгадать строение этих отдельных оболочек, или геосфер. Во всей широте и глубине эту задачу поставил русский ученый В. И. Вернадский со своей школой.

Вместо внешней картины «лика земли» перед геологами и геохимиками возникла проблема воссоздать всё своеобразие процессов, идущих в каждой геосфере, и дать всю картину внутреннего строения нашей планеты.

Попытаемся сейчас кратко охарактеризовать те оболочки, из которых состоит наша планета, так, как рисует их геофизика на основе изучения поведения электрических волн, достигающих огромных глубин и своими отражениями намечающих границы отдельных геосфер.

Наши ученые сейчас насчитывают тринадцать оболочек, начиная с недоступного нам межзвездного пространства, наполненного метеорами и молекулами водорода, гелия и отдельными атомами натрия, кальция и азота.

До высоты примерно 200 километров от нас проводится нижняя граница этого слоя. Ниже начинается стратосфера, количество азота и кислорода увеличивается. Целый пояс озона отделяет отдельные части стратосферы. Северные сияния зажигаются на высотах в несколько сотен километров, светящиеся обла-



Строение земли: 1. Воздушная оболочка. 2. Земная кора (гранитная и базальтовая оболочка) — 60 километров толщины. 3. Перидотитовая оболочка. Оболочки 2 и 3 вместе называются литосферой; их толщина примерно 1600 километров. 4. Рудная оболочка — от 1600 до 3000 километров от поверхности. 5. Центральное железное ядро. Оболочки 4 и 5 вместе называются барисферой.



Дымящееся жерло на склоне вулкана.

ка, состоящие из неведомых для нас веществ, поднимаются до 100 километров.

На высоте 10—15 километров начинается второй слой, который мы называем тропосферой. Это наша воздушная стихия, привычный нам воздух с азотом, кислородом, гелием и другими благородными газами, пропитанный парами воды; углекислоты.

Далее идет зона мощностью примерно в 5 километров, которую называют биосферой, — область жизни живого вещества. Она захватывает и верхние части земной коры и ее водной оболочки.

Дальше следует зона водной оболочки, ее называют гидросферой. Водород, кислород, хлор, натрий, магний, кальций и сера — вот те элементы, которые определяют ее состав.

Затем начинается твердая оболочка — вначале кора выветривания, которую мы хорошо изучили, с кислыми солями и почвенным покровом, потом оболочка осадочных пород — осадков старых морей, — это глины, песчаники, известняки и угольные прослойки. Уже на глубинах 20—40 километров мы встречаемся с новой прослойкой, названной метаморфической.

Еще глубже лежат граниты, богатые кислородом, кремнием, алюминием, калием, натрием, магнием, кальцием. Где-то на глубине при-



мерно в 50—70 километров они сменяются базальтами с магнием, железом, титаном и фосфором, которые идут на смену алюминия и калия.

Резкий перелом наступает на глубине 1 200 километров. Здесь твердая толща сменяется своеобразным расплавом, и новая, перидотитовая, или оливиновая, оболочка состоит из кислорода, кремния, железа, магния с тяжелыми металлами — хромом, никелем и ванадием. Существование оболочек различного состава в глубинах земли намечается отчетливо на основании изучения волн землетрясения, воспринимаемых чувствительными приборами — сейсмографами. Изобретение очень чувствительных приборов академиком Голицыным дало возможность улавливать не только те волны, которые идут по кратчайшему пути, но и волны, огибающие весь земной шар, и волны, отражающиеся от границ слоев земли разной плотности, например от земного ядра. Эти-то данные и служат вескими аргументами в пользу существования слоев барисферы и литосферы. Некоторые ученые думают, что здесь до глубины 2 450 километров идет рудная оболочка со скоплениями титана, марганца и железа.

Еще более резкий скачок в плотностях наблюдается при глубинах в 2 900 километров, где, наконец, начинается центральное ядро, свойства которого для нас еще очень загадочны, но которое, по всей вероятности, состоит из железа и никеля, содержащего примеси кобальта, фосфора, углерода, хрома и серы.

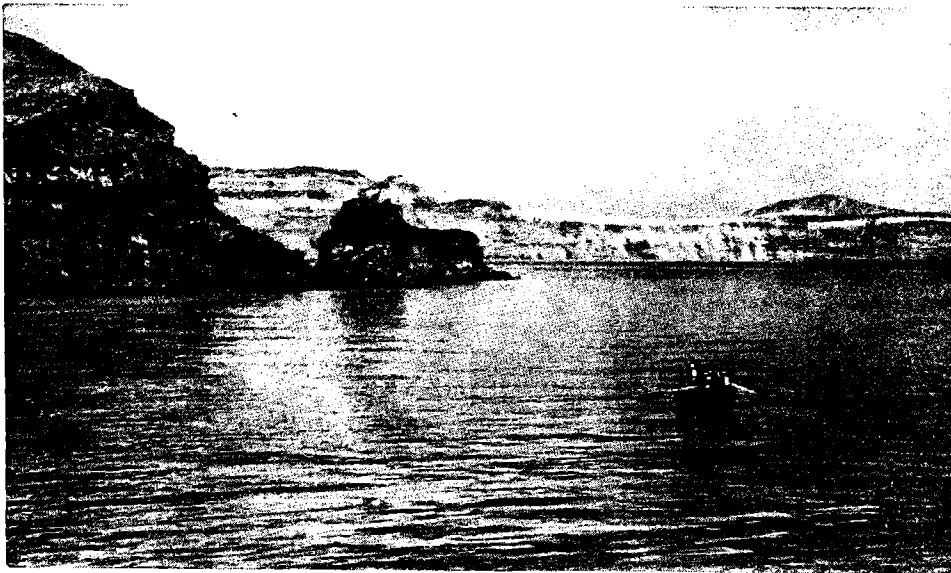
Так рисуют сейчас геофизики и геохимики строение нашей земли, и каждая из этих оболочек характеризуется элементами, которые преобладают в ее составе. Для каждой характерны свои температуры и свои давления.

Но всё же в этой сложной, во многом еще, может быть, неточной картине есть одна область, которая привлекает наше внимание. Это область, в которой мы живем и которая выделяется среди всех геосфер своими особыми свойствами.

Мы говорим, что выше 10 километров начинается стратосфера. Что это значит? Начинается область спокойствия, область, куда не залетают бурные молекулы и атомы земли, но такая же область где-то у границы гранитов лежит под нашими ногами — сплошная оболочка с установившимся химическим равновесием, с замедленными процессами химических реакций, а вот между ними, между этими двумя геосферами спокойствия и медленных вековых процессов, намечается как бы особый пояс в 100 километров — пояс химической жизни, область земных химических процессов, область бурных пароксизмов, колебаний температур и давлений, область землетрясений, вулканических извержений, область разрушения в одних местах и возрождения в других, область охлаждения расплавов глубинных очагов, горячих источников, рудных жил, наконец, область жизни самого человека с его бурными исканиями, постоянной борьбой с природой и за природу, область, населяемая миллионами видов живых существ, область новых своеобразных и сложных сочетаний химических молекул, область жизни, борьбы, искания новых процессов и новых превращений!

Эта область жизни не даром называется геологами тропосферой, то есть поясом движения. Этот пояс живет своей сложной химической жизнью, и процессы стройки и сочетаний химических элементов в нем определяют все судьбы нашей земли в геологические эпохи нашей





Озеро в кратере вулкана Санторин (образовалось около 3 500 лет тому назад).
Греческий архипелаг.

планеты. Это пояс чисто земных реакций, и замечательно, что хотя тысячи и тысячи небесных камней, метеоритов, залетают к нам на землю и тысячи обломков космических тел попадают в руки ученых земли, но ни один из них не дал нам хотя бы одного кусочка, который не напоминал бы этот бурный пояс жизни и смерти нашей планеты.

Так слагаются химические представления о глубинах нашей земли у человечества, физическое существование которого ограничено только маленькой пленкой толщиной в несколько километров.

Но в медленной и упорной борьбе человеческого гения раздвигаются рамки познания мира.

Мы глубоко убеждены, что те китайские стены, которые отделяют нас от глубин и заоблачных высот, падут, завоеванные не только отвлеченной мыслью самого ученого, но и его техникой.

Мы видим, как волны наших крупных геофизических установок по нашей воле проникают в глубины земли и, отражаясь там, приносят нам ответ о строении земных оболочек. Огромные взрывы, произведенные на Урале и на юге нашей страны, открывают совершенно новые страницы в этих представлениях, а буровые инструменты в новых исторических завоеваниях уже обнаруживают сказочные скорости сотен метров в смену. Целый ряд точных станков, огнеупорные трубы и штанги с насаженными на них резцами, со сверхтвердыми сплавами, с алмазными коронками свободно врезаются в твердый гранит, — и мы уверены, что пройдет немного лет, и московские буровые скважины отойдут в далекое прошлое, а человек реально завоюет глубины в десятки километров не только в прекрасных романах, но и в технической победе над землей.

Нет границ познанию мира, нет границ победам человеческого гения!

ИСТОРИЯ АТОМОВ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Более ста лет тому назад Александр Гумбольдт совершил ряд путешествий по неведомым странам Америки, а мысль его проникла в глубины мироздания.

Он написал сочинение и назвал его «Космосом». Слово «космос» взято из греческого языка, оно выражает не только понятие мира, но и понятие порядка и красоты, так как в греческом языке это слово одинаково обозначает и мироздание и красоту человека.¹

В изложении Гумбольдта космос представлялся как совокупность разнородных фактов.

Основываясь на достижениях науки XIX века, он пытался объяснить порядок единством законов природы и хотел в картине настоящего видеть нечто большее, чем один из моментов в сложном процессе развития мира. Но это ему не удавалось, мир всё же в его представлении разбивался на отдельные царства природы. В каждом из них были свои отдельные представители, между которыми не существовало никакой общей связи.

Старая классификация разбивала весь мир на отдельные клеточки и непроходимыми границами отделяла друг от друга «царства» минералов, растений и животных.

Еще звучали старые взгляды XVII и XVIII веков, еще весь мир казался незыблемым, составленным, по воле бога, из огромного количества независимых «царств», и хотя Александр Гумбольдт как раз хотел показать, что все явления природы связаны между собой, он этого сделать не мог, так как не было тех единиц, которые можно было бы поставить в основу взаимоотношений окружающей природы.

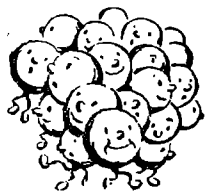
Таковыми единицами явились атомы, и в наше время картина космоса строится совершенно на другой основе. Неумолимые законы физики и химии управляют там, где рождается мир в сложной и длинной истории странствований отдельных атомов природы. Мы уже видели, как в центре космических тел отдельные атомные ядра лишены своих электронов, мы видели, как потом постепенно создается сложный клубок элемента, с вращающимися вокруг центра электронами-планетами.

Мы видели, как, сплетаясь и обволакиваясь кольцами этих планет, в пустынном мире охлаждения звезд рождаются молекулы, то есть



А. ГУМБОЛЬДТ

¹ Мы это великолепно знаем из жизни, когда говорим о космических мирах и косметике.



химические сочетания. Дальше возникают всё более и более сложные постройки; ионы, атомы, молекулы образуют целые кристаллы — эти новые замечательные элементы мира, элементы высшего порядка, математически завершённые и физически прекрасные кристаллы. Примером может служить прозрачный чистый кристалл кварца, еще древними греками названный «кристаллос», то есть «окаменевший лёд».

Мы видели с вами, как на самой поверхности земли растут и разрушаются прекрасные постройки кристаллов, как из их обломков создается новая механическая система — мир коллоидов, мельчайших групп атомов и молекул. И в этой среде оказывается устойчивым новый тип сложных и крупных молекул, содержащих углерод, тип, который мы называем живой клеткой.

Новые законы эволюции живого вещества усложняют атомы всё больше и больше на их историческом пути, создавая сложные сгустки мицеллий — мельчайшие, едва видимые в ультрамикроскопы полуживотные, полурастения, полуколлоиды, которые мы называем вирусами, и, наконец, те первые одноклеточные организмы, которые мы уже хорошо различаем в нашем микроскопе в виде бактерий и инфузорий.

По этим этапам истории проходят атомы различных элементов окружающего нас мира, и для каждого из них можно построить историю жизни, начиная с момента охлаждения первого земного клубка и кончая их странствованиями в живой клетке.

Когда-то в мировом хаосе возник клубок атомов огромных размеров — мировое тело, звезда, будущее солнце. Он излучает электромагнитные волны, падает тепловое движение, система охлаждается.

Мы знаем состав этого клубка: блестящие работы геохимиков нашего времени говорят нам о том, что он почти всюду, во всем мироздании состоит примерно на 40 % из железа, на 30 % — из кислорода, на 15 % — из атомов кремния, на 10 % — из магния, на 2—3 % — из никеля, кальция, серы и алюминия. Далее следуют элементы, входящие в меньших количествах, — натрий, кобальт, хром, калий, фосфор, марганец, углерод и другие.

В этом списке мы видим, что химические элементы, составляющие мироздание, — это всё устойчивые, прочные атомы, построенные по тем четным законам, о которых мы уже раньше говорили.

Это запутанный клубок атомов 92 типов, из которых одни встречаются в громадных количествах, другие же только в миллиардных долях процента.

Мало-помалу при дальнейшем охлаждении свободные атомы обра-



Часть солнечной поверхности, снятая
в лучах водорода.

зуют сначала газы, а потом и жидкости, и, сблизившись в виде отдельных расплавленных огненно-жидких капель, они подвергаются тем процессам, которые испытывают, например, расплавленные руды в доменной печи.

И разгадку строения нашей планеты неожиданно дали не теоретики, не геофизики, а металлурги, те люди, которые привыкли выплавлять металл, расправляться со шлаками и которые научились управлять судьбой отдельных атомов в пекле доменной печи. Законы физики и химии заставляют при этом атомы отталкиваться друг от друга, и первоначальный расплав расчленяется на отдельные части. Все химические элементы при этом располагаются в определенном порядке. Легкие, подвижные части устремляются вверх, к поверхности, а тяжелые — к центру.

Таким образом накапливается металлическое ядро. Над ним нередко создается оболочка сернистых металлов, наконец, еще выше, как окалина или шлак, наблюдается кора кремневых соединений. Геофизики говорят нам, что все отдельные оболочки, или геосферы, из которых состоит наша земля, как раз и отвечают отдельным зонам, отдельным продуктам плавки большой печи.

В самых глубинах, примерно до 2 900 километров, находится железное ядро. Здесь накоплены те металлы, которые и в доменной печи идут вместе с железом, это, прежде всего, само железо и его ближайшие друзья и аналоги — никель и кобальт.

Здесь же и элементы, которые химики называют сидерофилами, то есть любящими железо, повторяя слова алхимиков. К ним принадлежат платина, молибден, тантал, фосфор и сера, которые несомненно имеют сходство с железом. Вот как рисуется нам состав самых глубоких частей нашей земли.

Над ядром, вероятно на глубине 1 200—1 300 километров, идет другая зона, о ней много было споров — как разгадать ее химический состав, но это, несомненно, та зона, которую мы знаем хорошо при выплавке меди или никеля на заводах цветной металлургии. Ее называют «штейн» — это сернистые металлы; и недаром огромную зону в 1 500 километров нередко называют рудной.

Здесь должны накапливаться сернистые соединения меди, цинка, свинца, олова, сурьмы, мышьяка и висмута. Большая их часть, однако, входит в состав сернистых минералов, которые мы встречаем и в более поверхностных зонах земной коры.

Далее идет сама «окалина», или окисная зона. Она также разделяется на отдельные зоны, в глубинах мы имеем огромные скопления пород, богатых кремнием, магнием и железом. Это зона, о которой мы стали догадываться только после того, как были изучены громадные алмазные трубки Южной Африки, заполненные вынесенными из глубин наиболее плотными и тяжелыми минералами, продуктами кристаллизации глубинных расплавов.

Над ней, примерно с глубины 1 000 километров, начинается та кремневая окалина, на которой протекает наша жизнь. Мы представляем ее себе как довольно сложную систему различных горных пород и минералов, хотя фактически знаем ее только до глубины 20 километров.

Ее состав резко отличен от среднего состава земли и может быть выражен в следующих цифрах: половина принадлежит кислороду, на





долю кремния приходится около 25%, алюминия — 7%, железа — 4%, кальция — 3%, натрия, калия и магния — по 2%, далее следуют водород, титан, хлор, фтор, марганец, сера и все остальные элементы.

Мы уже видели, что эти цифры установлены тысячами отдельных подсчетов и анализов. На каждом шагу мы убеждаемся, что наша твердая земная кора неоднородна, что распределение атомов необычайно сложно и что очень трудно точно представить себе картину строения земной коры, состоящей то из розового сверкающего гранита, то из тяжелых темных базальтов, то из совсем белых известняков, песчаников и цветистых сланцев. Мы знаем, что на этой пестрой, запутанной основе в столь же беспорядочном хаосе рассеяны сернистые металлы, соли и полезные ископаемые. Можно ли найти какие-нибудь законы распределения атомов в этой сложной картине, или же это пестрый ковер и нет возможности открыть закон его строения?

Достижения геохимиков за последние годы показали, что в этом кажущемся мире случайностей существуют свои необычайно четкие и неумолимые законы. Они не только выделили из огненного живого клубка атомов кремневую окалину, земную кору, они разделили в ней отдельные атомы, в строгом порядке изучая поведение каждого из них.

Мы представляем себе, что расплавленная масса и окалина подобны вылитому в домне шлаку, который начал постепенно остывать. Последовательно, один за другим, стали из него выкристаллизовываться отдельные минералы. Первыми отделились вещества более тяжелые и стали падать на дно; более легкие составные части, газы, летучие вещества, стали устремляться вверх.

Так, из расплава базальтов опускались вниз минералы, богатые железом и магнием, в них мы встречаем соединения хрома и никеля, находим источники драгоценных камней алмаза и дорогих платиновых руд; с другой стороны, вверх, в верхнее поле поступали другие вещества, а из них образовывались те породы, которые мы называем гранитами. Они явились как бы последовательными выжимками охлаждающегося массива, именно они образовали основу наших материков, которые плавают на тяжелом базальтовом настиле, выстилающем дно больших океанов.

Строгие законы физической химии руководили этим новым распределением атомов в мировых пространствах, и сейчас в природе зажглась заря новых идей с того момента, как в геохимии стали применять законы физической химии. Это принесло ей ту же пользу, какую принесла теория эволюции биологическим наукам.

Сложно идет охлаждение гранитных очагов, из них выделяются перегретые пары, летучие газы, они пересекают окружающие породы, образуя горячие водные растворы, которые мы сейчас знаем по минеральным источникам. Как бы ореолом окружен гранитный очаг этим горячим дыханием, газы и пары с различным летучим содержанием вырываются по трещинам и разломам охлаждающихся гранитных пород, текут как бы горячие подземные реки, которые, постепенно охлаждаясь, образуют на стенках кристаллические корки минералов и переходят в холодные источники на поверхности.

В этом ореоле охлаждающегося гранита мы видим, прежде всего, остаточные расплавы — это те знаменитые пегматитовые жилы, которые являются носителями тяжелых атомов радиоактивных руд. Они

несут с собой драгоценные камни, сверкающие кристаллы берилла и топаза, намечают соединения олова, вольфрама, циркония и редких металлов.

В сложном процессе постепенного расслоения тянутся дальше жилы кварца с оловом, вольфрамитом, еще дальше протягиваются ветвистые кварцевые жилы с золотом, потом начинаются отложения цинка, свинца и серебра, образующие полиметаллические жилы, а далеко от раскаленных очагов, за несколько километров от кипящих глубин гранитных расплавов мы встречаем соединения сурьмы, красные кристаллы сернистой ртути и огненно-желтые или красные соединения мышьяка.

Эти рудные массы распределяются по законам всё той же физической химии. Они располагаются как бы кольцами, поясами вокруг раскалившихся массивов, а когда застывают по длинным расколам земли, то скопления атомов вытягиваются в длинные пояса, закономерно следующие один за другим, и перед нами на поверхности земли раскрываются грандиозные картины этих рудных поясов: одни протягиваются через оба американских материка, начинаясь где-то в районе Калифорнии на севере; они несут с собой свинец, цинк и серебро. Другие по меридиану прорезают всю Африку. Третьи в виде гирлянд опоясывают устойчивые окаменевшие щиты Азии, создавая пояс, богатый рудами и цветными камнями, прослеженный на много сотен километров.

Непонятная картина, казалось бы, беспорядочно разбросанных точек рудных месторождений вырастает сейчас в четкую закономерную картину распределения атомов. И крупнейшие практические задачи и достижения решаются на основе этой новой идеи естественных законов распределения атомов в земной коре в зависимости от их свойств и поведения.

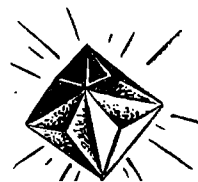
На смену старым наблюдениям горняков средних веков и старого опыта рудокопного дела появляются настоящие законы, о которых так мечтал еще в XVI веке Агрикола, говоря о таинственной любви отдельных металлов друг к другу.

Говорил об этом и замечательный русский ученый М. В. Ломоносов, когда он двести лет тому назад призывал химиков объединиться с металлургами, чтобы отыскать равновесие и причины совместного нахождения руд и ответить на вопросы: почему цинк и свинец встречаются вместе, почему так часто кобальт следует за серебром, почему металлы этих враждебных горному делу гномов — никеля и кобальта — встречаются со странным элементом ураном?

Что же заставляет так закономерно распределяться отдельные атомы в окружающих гранитных породах? Здесь новые силы выступают на арену природных процессов, и если там, в глубинах, когда расплавленный клубок делился на ядро, окалину и шлак, основные законы деления вызывались природой самих атомов, то здесь им на смену пришли новые законы.

Атомы и их части стали соединяться вместе, не только образуя систему нагроможденных свободных атомов и молекул, которую мы называем жидкостью или стеклом, но и постройки, которых нет в глубинах земли и которые носятся в мировом пространстве лишь там, где холод межпланетных пространств охлаждает бурно движущиеся атомы ниже 2 000°.

Эта замечательная гармоническая постройка, определяющая всю





Горячая лава, излившаяся 6 сентября 1934 года и образовавшая лавовое озеро.
Сандвичевы острова.

стройность нашего мира, названа кристаллом. Мы говорили уже о том, что 1 кубический сантиметр кристалла строится из 40 тысяч триллионов атомов, которые расположены в определенных точках пространства на определенных расстояниях один от другого, образуя как бы решетки и сетки. Из кристаллов и построена вся верхняя пленка земной коры, так же как и подавляющая часть окружающего нас мира.


Кристалл и его законы определяют распространение элементов, которые могут часто заменять друг друга в этих постройках, появляется возможность одним из них странствовать внутри кристалла, другие связываются вместе мощными электрическими силами сказочной величины, создавая прочность кристалла, его механическую выносливость, его способность бороться против всех враждебных ему сил мироздания.

Там, в глубинах космических тел, беспорядочный хаос атомов, молекул, каких-то обломков кристаллов; здесь, на земле, нет больше этого хаоса, есть бесконечный ряд точек и сеток, расположенных столь же правильно, как паркет в полу, как лампы большого зала. Атомы в кристаллическом строении имеют какую-то замечательную форму равновесия природы.

Так подошли мы к земной поверхности. Здесь недра земли перестают влиять на жизнь атомов и уступают свое влияние солнцу и излучениям космоса. Они приносят новые виды энергии на земную поверхность, и снова атом начинает свои странствования, подчиняясь законам физической химии и кристаллохимии.



В ДОКУЧАЕВ

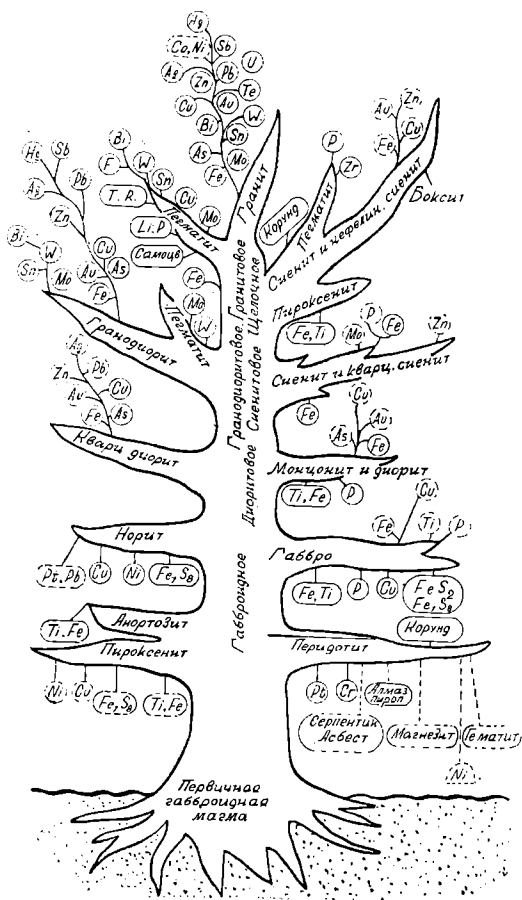


Из законов этого мира Докучаев выводил не только плодородие почвы, но и жизнь человека.

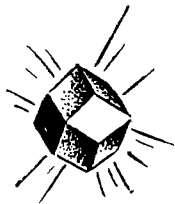
Сложный географический ландшафт подчинил себе сами атомы, а частые смены климата, времен года, дня и ночи и жизненных процессов — всё это стало налагать свои отпечатки и требовать новых форм равновесия и новых условий устойчивости.

В глубинах мира — спокойствие, спокойный рост пространственного распределения кристаллов; а на поверхности — бурное царство изменчивых, противоречивых влияний, борьба сил, смена температур и господство процессов уничтожения. Здесь, вместо наших точных кристаллических построек, их обломки, как новая динамическая система, приобретают преобладающее значение. Эти обломки мы называем коллоидами.

Возникает противоречие между миром порядка глубин и хаотическим миром студнеобразных коллоидов. В быстро меняющейся обстановке окружающей нас природы химические реакции не могут идти так спокойно и планомерно, как в глубинах. Только что начатая постройка кристалла вдруг распадается, заменяется новой, в стиле самых разнообразных эпох, налагаясь друг на друга в архитектурном хаосе, облом-



Дерево развития изверженных горных пород из первичной магмы.



ки, обрывки кристаллов сливаются вместе, и из этих крупных частиц, построенных иногда из сотен и тысяч атомов, вырастает новая форма вещества, неустойчивая система коллоида, того студня и клея, который мы так хорошо знаем в органическом мире.

Это просто какие-то обломки первоначальных кристаллов, первых нагромождений атомов, из которых был построен кристалл. В нем одни кирпичи держатся достаточно прочно, другие грозят упасть, целая часть здания ждет себе замены.

Но не только эта сила разрушения характеризует систему минералов земной поверхности, в ней заложены громадные активные силы, в ней содержится большая энергия, чем в мертвой, устойчивой системе кристаллов.

В окружающих нас глинах, различного рода бурых железных, марганцевых подтеках, во всем многообразии различных атомных сочетаний железа, алюминия, марганца, в шарах и стяжениях фосфорных соединений — всюду вступают в действие новые силы, вызванные соприкосновением различных сред между собой, всюду проявляются эти новые силы хаоса, где наравне с гибелью идет постройка, где возникают новые закономерности, которые определяют природу почв, облегчая странствования отдельных металлов, вызывая их взаимный обмен в почвенном покрове.

Так постепенно подходим мы к последнему этапу истории атома — к процессам жизни. Коллоид уже подготовил почву для создания новой системы: в нем, в этом сложном сцеплении целеустремленных молекул, с заложенными в них громадными поверхностными силами, создаются зародыши нового вещества. Это живая клетка. Она и есть естественный путь усложнения нашей системы.

Здесь, в своеобразной и гибкой постройке, когда атомы то связаны, то свободны, родилась жизнь, как естественное развитие тех свойств, которые в них заложены, как логическое завершение всё усложнявшейся системы атомов. Эта жизнь в весьма сложных путях эволюции продолжала лишь те картины, которые мы нарисовали выше. Подчиняясь новой форме группировки, она начала усложнять атомную постройку, начиная с мельчайшего одноклеточного организма и кончая человеком, сделалась господствующим явлением на земной поверхности.

Мы ничего не можем вырвать из окружающей нас обстановки. Сейчас жизнь вместе с мертвой природой, воздухом и водой слилась в единое целое, окружая нас как ряд многочисленных фаз географического ландшафта. Это высшая форма ее, сложенная в результате новых законов эволюции и развития организма. Создался мыслящий человек, сумевший в движениях своей мысли находить те могущественные законы энергии, которые заложены в этой новой, еще более неустойчивой, но еще более могучей, активной системе.

Так видим мы в истории странствования атома, как постепенно усложнялась его судьба.

Вначале это был электрически заряженный свободный протон, далее ему удалось соединиться. Развитие системы из двух, не больше чем трех частиц в мире высоких температур нам раскрывает спектральный анализ.

Потом началось усложнение, и, по мере перехода к более холодной системе космоса, к атому вернулась его электронная оболочка.



Дорога времени. Показаны развитие органической жизни и горообразовательные периоды в истории земли. (По рисунку художницы Е. С. Хмелевской.)



Изучение извержений одного из камчатских вулканов.

В закономерной и жесткой геометрической форме сливались эти атомы в то, что мы назвали химическим соединением.

Кристалл был формой выражения этих законов, формой наибольшего порядка, наибольшей гармонии, наименьших запасов энергии и потому наиболее мертвой, лишенной свободной силы формой вещества. Но тут же началось осложнение, родилась коллоидальная система атомов, молекул.

Создалась живая клетка; сложные молекулы стали строиться из сотен и тысяч отдельных атомов; и как высшая форма еще не разгаданной химической системы появились белковые вещества, создавшие всё многообразие, всю сложность и загадочность окружающего нас органического мира.

Но в истории нашей природы атом всегда мечется в поисках новых форм. Мы не можем еще сказать, нет ли новых, других форм равновесия, более устойчивых, чем кристалл, или более активно заряженных энергией, чем живое вещество. Все наши представления об окружающей нас природе наталкиваются на недостаточность наших знаний новых путей атома, и никто не решится сказать, что мы уже постигли все пути его странствований и что в руках человека уже находятся могучие силы, которые он смог бы развязать в атомном клубке.



АТОМЫ В ВОЗДУШНОЙ СТИХИИ

Что такое воздух? Как мало мы себе представляем воздух, как мало мы даже интересуемся этим вопросом! Мы привыкли, что воздух нас окружает, и, как здоровье, начинаем ценить его только тогда, когда теряем его, когда попадаем в условия, где воздуха нехватает.

Мы знаем, как трудно дышится на больших высотах, как у некоторых уже на высоте трех километров появляется горная болезнь, начинается слабость; мы знаем, как страдают летчики, когда на своих самолетах они поднимаются выше пяти километров, а на высоте восьми и десяти километров воздуха нехватает, и приходится дышать с помощью запасов кислорода.

Мы знаем, как тяжело опускаться в глубины рудников, как долго звенит в ушах, пока на глубине 1 500 метров вы освоитесь с новым давлением воздуха.

Воздух сейчас представляет одну из интереснейших проблем не только для науки, но и для химической промышленности.

Долгое время человек никак не мог понять, что из себя представляет воздух. В течение нескольких веков в первобытной химии господствовало убеждение, что воздух состоит из особого газа — флогистона и что когда какое-либо вещество горит, то из него выделяется флогистон и заполняет, как особая тонкая материя, весь мир.

Потом, благодаря гениальному открытию французского химика Лавуазье, сделалось ясно, что воздух состоит в основном из двух веществ — одного живительного, которое было названо кислородом, и другого, равнодушного к жизни, получившего поэтому имя «азот».

В 1894 году совершенно неожиданно было обнаружено, что состав воздуха гораздо сложнее, что азот, этот безжизненный газ, содержит в себе целый ряд других, более тяжелых химических элементов, которые играют в нем большую роль.

И современные физики определяют состав воздуха в следующем виде:

По весу:	
Азота	75,7%
Кислорода	23,01%
Аргона	1,28%
Углекислоты	0,03%
Водорода	0,03%

По весу:	
Неона	0,00125%
Гелия	0,00007%
Криптона	0,0003%
Ксенона	0,00004%
Паров воды	изменчивое число





Но этот состав характерен только для нижних слоев атмосферы. Выше двадцати километров количество газов начинает изменяться: количество тяжелых газов уменьшается, легких — увеличивается. Постепенно растет содержание водорода, гелия, а где-то высоко, там, где сверкают метеоры, где северное сияние зажигает рассеянные частицы вездесущей материи, там, повидимому, преобладают легкие газы.

Сейчас мы настолько точно знаем состав воздушного океана, что каждая капелька, рассеянная в кубическом метре его, не ускользает от внимания наших химиков.

И вот оказывается, что окружающий нас газовый океан не только основа всей нашей жизни, но и основа новой, грандиозной промышленности.

Англичане за последние годы подсчитали, что всё население Англии и Шотландии за сутки поглощает до 20 миллионов кубических метров кислорода из воздуха, тогда как специальные установки за этот же срок извлекают до 1 миллиона кубических метров этого газа для нужд промышленности.

Одновременно с этим промышленность сжигает уголь и нефть, потребляя кислород, и возвращает в атмосферу грандиозное количество углекислоты. Тот же процесс происходит и в живых организмах. Например, человек каждый день выделяет около трех литров углекислоты.

Чтобы понять значение этой цифры, достаточно указать, что большое дерево эвкалипт в течение одного дня может разложить углекислоту и вернуть свободный кислород атмосфере примерно в количестве одной трети нормы углекислоты, выдыхаемой человеком.

Три крупных эвкалипта разложат столько углекислоты, сколько выделит один человек, и таким образом восстановят равновесие состава атмосферы.

Из этого мы видим, как велико значение той растительной жизни, которая окружает нас и которую мы так бережно храним и прививаем в наших городах. Жизнь растений является единственным источником восстановления поглощаемого человеком кислорода. А между тем кислород начинает использоваться всё в больших и больших количествах.

Впервые в 1885 году маленькие заводики по изготовлению перекиси бария положили начало использованию кислорода воздуха. Сейчас кислород воздуха является основой для целого ряда химических производств; в металлургии вместо воздуха в доменные печи вливается чистый кислород; в ряде химических производств кислород является незаменимым окислителем.

С каждым годом растут всё новые и новые установки, извлекающие через жидкий воздух кислород из окружающей нас атмосферы.

Наравне с кислородом всё шире и шире начинают использоваться человеком и другие газы.

Еще недавно аргон, входящий в количестве 1% в воздух, не играл никакой роли в промышленности. Сейчас при помощи сложной установки из воздуха извлекают ежегодно около одного миллиона кубических метров этого редчайшего газа.

Многие из нас не знают, что каждый год свыше одного миллиарда электрических лампочек наполняют этим газом.

В светящихся рекламках в больших городах в специальных лампочках используется каждый год всё шире и шире и другой благородный

газ воздуха — неон. Его очень мало в воздушном океане — одна часть приходится на 55 тысяч частей воздуха. Но всё же неоновая промышленность разворачивается и растёт с каждым годом.

Начинают извлекать из воздуха и гелий. Его ещё меньше, чем неона, хотя над каждым квадратным километром земли содержится около 20 тонн этого ценнейшего газа солнца. Гелий извлекается из воздуха и, главным образом, из подземных газовых струй и широко используется для наполнения дирижаблей; в холодильной технике с его помощью получают самые низкие температуры в мире; в некоторых случаях он применяется при кессонных работах, когда при повышенном давлении в кессонах кровь человека растворяет азот воздуха и происходит тяжёлое отравление. Во избежание этого воздух заменяют специальной смесью из кислорода и гелия.

Но даже самые редкие газы, как криптон и ксенон, начинают входить в нашу промышленность.

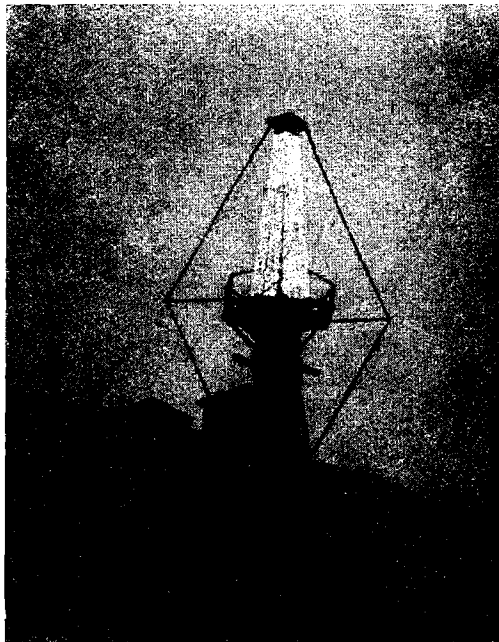
Криптон содержится в воздухе лишь в количестве меньше одной тысячной процента. А между тем как важно было бы получать его в больших количествах, ибо тогда на 10%, а для ксенона на 20% повысилась бы яркость наших электролампочек. А это значит, что на 20% понизилось бы потребление электроэнергии в наших осветительных установках.

Но, конечно, самым важным сырьём атмосферы для промышленности является азот.

В 1830 году впервые была сделана попытка использовать азотные соединения для удобрения полей.

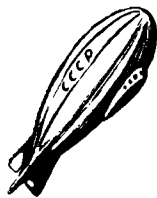
Об азоте воздуха тогда никто не думал, и даже прибывавшая на судах из Чили селитра не всегда находила себе применение на бедных полях Западной Европы. Но постепенно химические удобрения потребовали всё больших и больших источников тех трех живительных веществ, на которых строится химическая жизнь растения: фосфора, калия и азота. Потребность в азоте стала так повышаться, что физик Крукс в 1898 году говорил об азотном голоде и предлагал искать новые методы для извлечения азота из воздуха.

Прошло немного лет. При помощи электрических разрядов химии научились превращать азот воздуха в аммиак, в азотную кислоту и в цианамид.



Оранжевый маяк на аэродроме (неоновые трубки).





Во время империалистической войны азот, нужный для промышленности взрывчатых веществ, сделался материалом многочисленных исследований. Сейчас во всем мире работает свыше 150 азотных заводов, они ежегодно извлекают из воздуха 4 миллиона тонн азота. Но и эта цифра оказывается ничтожной перед громадным запасом этого газа, составляющим примерно 81,1% объема воздушной стихии.

Достаточно сказать, что все азотные установки мира каждый год извлекают примерно такое количество азота, которое занимает атмосфера над половиной квадратного километра земной поверхности.

Так рисуются перед нами новые промышленные пути использования воздуха. Промышленность начинает всё глубже и глубже использовать все составные части воздушного океана. Атмосфера превращается в грандиозный источник минерального сырья, запасы которого практически неисчерпаемы. Однако пока пути овладения этими запасами еще далеко не найдены.

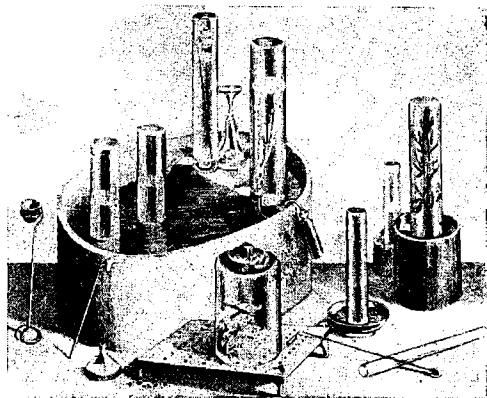
Процессы, при помощи которых человек разделяет составные части воздуха, ещё довольно несовершенны. Для извлечения азота требуются и большие давления и громадное количество энергии. Для разделения благородных газов и получения кислорода надо прибегать к сложным, дорогим установкам, переводить воздух в жидкое состояние, с тем чтобы затем выделять отдельные газы. И вот на этом пути у нас в Советском Союзе за последние годы сделаны блестящие открытия.

В Институте физических проблем Академии наук СССР построены новые замечательные машины, которые позволят в громадных количествах и очень тщательно разделять воздух на составные части.

И нам рисуются уже маленькие машинки, установленные в каждой комнате. Включим электрический ток, — завертится турбодетандер, откроем кран, на котором будет стоять надпись: «Кислород», — и вместо воздуха из него потечет синеватая жидкость, охлажденная до минус 200°.

Откроем другой кран, — из него по каплям будет вытекать жидкий благородный газ криптон или ксенон, а где-то на дне, как зола в наших печках, будет накапливаться твердая угольная кислота, которая затем будет поступать под особый пресс и давать нам тот твердый сухой лед, который идет в большом количестве при изготовлении мороженого или будет охлаждать наши помещения в жаркие дни.

Может быть, в этой картине я немного забежал вперед. Еще нет таких портативных машинок, которые можно было бы приключить к нашему штепселю, но я уверен, что недалеко то время, когда мы сможем использовать окружающие нас богатства воздуха для наших нужд, а грандиозная химическая промышленность



Приборы Пристля, которыми он изучал состав воздуха в 1774—1790 годах.

мира будет построена на неисчислимых богатствах азота и кислорода — двух выдающихся по значению в жизни земли элементов.

Я мог бы сейчас закончить мой рассказ, но думаю, что он еще далеко не полон.

Я ничего не сказал об использовании угольной кислоты воздуха и о возможности использования всех отходящих газов, всех продуктов сгорания угля, дров, обжига известняков.

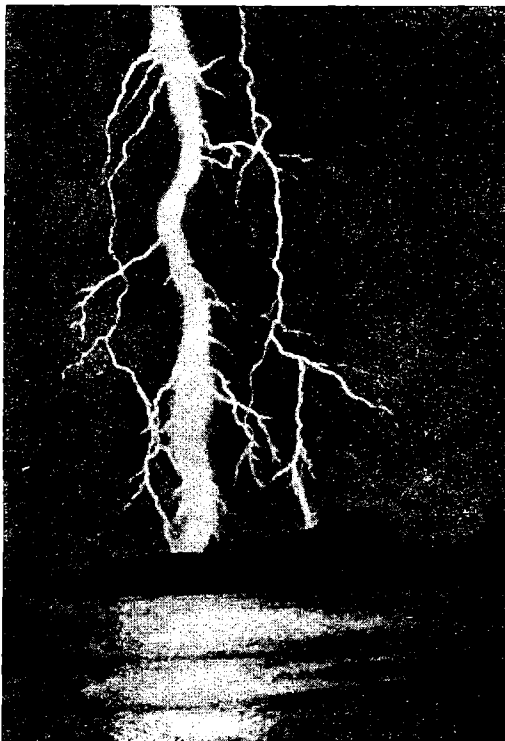
Ученые уже подсчитывают те грандиозные количества угольной кислоты, которые выбрасываются как отходы промышленности в воздух. Они хотят употребить их для изготовления сухого льда, они хотят извлечь те три сотых процента угольной кислоты, которые содержатся в нашей атмосфере.

А физики идут еще гораздо дальше: они говорят, что наш воздух состоит не только из десяти газов, о которых мы выше говорили, воздух содержит огромное количество газов еще более редких, еще более рассеянных в миллионных, в миллиардных долях процента, — газов радиоактивных.

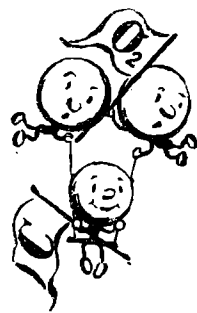
Речь идет об эманации радия и о различных летучих газах, продуктах распада легких металлов. Эти газы живут недолго в нашей атмосфере: жизнь одних измеряется днями, других — секундами, третьих — миллионными долями секунды. Воздух насыщен этими продуктами распада мировых атомных ядер. Космические лучи вызывают на каждом шагу разрушение атомов, появление неустойчивых газов, которые должны снова исчезнуть и перейти в более устойчивые формы твердого вещества.

Воздушный океан весь пронизан лучами мировых химических реакций. Сложнейшие процессы происходят между рассеянными атомами вещества, и еще мало понятны нам те постоянные и сложные перемещения, те электрические разряды, которые идут в этом воздушном океане вокруг нас.

Разгадать их — значит сделать еще один шаг по пути подчинения природы нашим потребностям.



Фотография молнии.





АТОМЫ В ВОДЕ

Воды рек, морей и океанов, воды подземных пластовых вод и источников вместе образуют неразрывную водную оболочку земли, или гидросферу. Над огромными океаническими просторами непрерывно под влиянием тепла и солнца происходит испарение воды.

В атмосфере вода конденсируется и падает в виде дождя, снега, града на землю. Она размывает почвы, выщелачивает их, разрушает породы, растворяет массу разнообразных веществ и сносит всё это опять в моря и океаны.

Таким образом, вода много миллионов раз совершает свой круговорот: океан → атмосфера → земля → океан. И каждый раз она извлекает из твердых пород земли всё новые и новые количества растворяющихся в ней веществ.

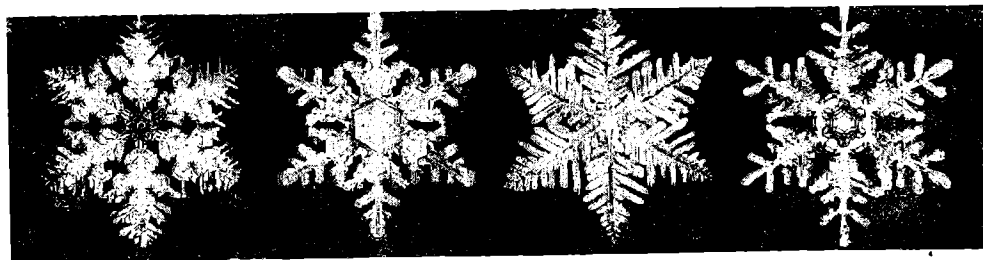
Подсчитано, что ежегодно с поверхности земли все реки мира сносят в океан около трех миллиардов тонн растворенных ими веществ. Иначе говоря, воды разрушают и сносят со всей земли за сто тысяч лет слой пород около одного метра толщиной.

Работа, совершаемая водой на земле, грандиозна.

Вода, химическая формула которой H_2O , — одно из самых распространенных веществ на земле.

Объем воды мирового океана составляет 1,37 миллиарда кубических километров!

Значение воды в истории земли и, следовательно, в геохимии исключительное.



Формы кристаллов снега.

Вот почему в свое время в геологических науках существовала гипотеза о происхождении всех горных пород на земле из воды.

Сторонники этой гипотезы — нептунисты, названные по имени мифологического бога воды Нептуна, — спорили с плутонистами, доказывавшими, в свою очередь, происхождение всех пород на земле из расплавленных масс, излившихся на поверхность из подземного царства Плутона.

Сейчас мы знаем, что обе эти силы — вода и вулканы — участвовали в образовании пород земли.

В природе практически нет воды, которая бы не содержала каких-либо примесей или растворенных в ней веществ или солей. В природе, иными словами, нет дистиллированной воды. Даже дождевая вода содержит углекислоту, следы азотной кислоты, иода, хлора и других соединений.

Получить химически чистую воду очень трудно, если не сказать — невозможно. Газы воздуха, стенки сосуда, в котором вода будет содержаться, хотя и в малых количествах, но растворяются в воде. Например, миллиардные доли серебра переходят в раствор воды, содержащейся в серебряном сосуде. Серебро чайной ложки в ничтожном количестве переходит в воду. Химик почти не может заметить этих следов. Но некоторые низшие организмы, например водоросли, погибают от них, так они чувствительны к следам серебра и некоторым другим атомам в воде. Природная вода, протекая по чрезвычайно разнообразному материалу — породам земли: пескам, глинам, известнякам, гранитам и так далее, — извлекает, конечно, из них разнообразные соединения. Так и говорили некоторые ученые, что если указать, по какому ложу течет река, — можно ответить, какого состава будет вода.

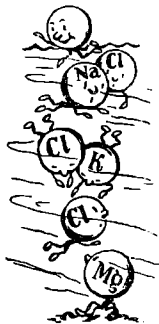
Но, несмотря на то что в природе, как мы уже знаем, широко распространены алюмосиликаты, воды не содержат, как правило, больших количеств алюминия и кремния. Если же они и присутствуют, то, главным образом, в виде мути, механической смеси. С другой стороны, все воды рек и морей всегда содержат щелочи — натрий, калий, а также магний, кальций и другие элементы. В чем же дело?

Оказывается, что химический состав растворенных в водах солей чрезвычайно зависит от растворимости тех или иных солей в воде. Наилучше растворимые соединения являются наиболее обычными составными частями природных вод. Как мы уже говорили, атомы натрия, калия, кальция, магния, хлора, брома и некоторых других элементов постоянно составляют главную массу солевого остатка природной воды.



Гейзер в Йеллоустонском парке (США).





Воды, которые насыщены солями, — рассолы, — опять-таки содержат именно эти хорошо растворимые соединения атомов, вымытых из пород.

Океан, таким образом, является вместилищем растворимых солей, которые в результате непрерывной циркуляции воды между материком и океаном накопились в нем за всё время существования земли.

Ученые пытались по количеству растворенных солей в океане подсчитать, сколько выносятся их ежегодно реками, и таким образом вычислить возраст океана или число лет, которое было необходимо, чтобы вода океана приобрела наблюдаемую сейчас концентрацию солей. Цифры, однако, получились не очень достоверные.

Итак, хорошо растворимые соединения атомов составляют основу солевой части природных вод. Вода океана содержит 3,5% солей, из которых более 80% хлористого натрия, служащего нам поваренной солью. Каждый знает, как она легко растворяется. Все другие растворимые соединения находятся в воде лишь в очень малых количествах. Все химические элементы могут быть обнаружены в любой природной воде — моря, реки, подземного источника. Весь вопрос в чувствительности наших методов обнаружения.

Если вспомнить, что имеется всего около сотни химических элементов, то легко представить себе, какое разнообразие вод по своему составу может встретиться в природе. И действительно, ученые установили существование многочисленных классов вод.

Воды океана в любом месте — на поверхности и в глубине (однако вдали от берегов) — представляют исключительное постоянство своего состава.

Содержание в них всех химических элементов повторяется строго количественно. Менее постоянен, но очень похож между собой состав вод рек. Благодаря тому что реки текут в разных породах, в разных климатических условиях, накладывается отпечаток на их состав. Так, реки северных широт содержат больше железа, гумуса, часто они даже окрашены им.

Реки средних широт содержат, главным образом, натрий, калий, сульфаты, хлор. В более теплых широтах, особенно в областях, лишенных стока вод в моря или океаны, реки нередко засолены.

Подобная же смена состава вод по зонам наблюдается и по вертикали — для подземных пластовых вод. Чем глубже лежат эти воды, тем они больше приближаются к рассолам. Наибольшее разнообразие состава вод представляют именно минеральные подземные воды, образующие нередко при выходе на поверхность минеральные источники, часто целебные.

Тут мы можем встретить воды кальциевые, иодо-бромные, радиевые, литиевые, железистые, серные, магниевоборные и другие. Сами названия подсказывают, что основной составной частью их растворенного остатка является то или иное химическое соединение или химический элемент.

Происхождение этих минеральных вод связано с растворением подземными водами минеральных отложений, с процессом выщелачивания горных пород разного состава.

Занимательная и очень важная научная задача — по химическому составу этих вод разгадать весь процесс образования вод. Над нею работают геохимики, гидрохимики.



Обратимся теперь к составу воды океана. В помещенной таблице отрицательные степени показывают, что, например, магния — $1,4 \cdot 10^{-10}\%$, значит 0,14%; радия — $1,0 \cdot 10^{-14}\%$, значит 0,00000000000001% и так далее.

Состав морской воды (в процентах) (1944 г., по А. П. Виноградову)

Кислород	86,82	Алюминий	$< 1 \cdot 10^{-6}$
Водород	10,72	Свинец	$5 \cdot 10^{-7}$
Хлор	1,89	Марганец	$4 \cdot 10^{-7}$
Натрий	1,056	Селен	$4 \cdot 10^{-7}$
Магний	$1,4 \cdot 10^{-1}$	Никель	$3 \cdot 10^{-7}$
Сера	$8,8 \cdot 10^{-2}$	Олово	$3 \cdot 10^{-7}$
Кальций	$4,1 \cdot 10^{-2}$	Цезий	$2 \cdot 10^{-7}$
Калий	$3,8 \cdot 10^{-2}$	Уран	$2 \cdot 10^{-7}$
Бром	$6,5 \cdot 10^{-3}$	Кобальт	$1 \cdot 10^{-7}$
Углерод	$2 \cdot 10^{-3}$	Молибден	$1 \cdot 10^{-7}$
Стронций	$1,3 \cdot 10^{-3}$	Титан	$< 1 \cdot 10^{-7}$
Бор	$4,5 \cdot 10^{-4}$	Германий	$< 1 \cdot 10^{-7}$
Фтор	$1 \cdot 10^{-4}$	Ванадий	$5 \cdot 10^{-8}$
Кремний	$5 \cdot 10^{-5}$	Галлий	$5 \cdot 10^{-8}$
Рубидий	$2 \cdot 10^{-5}$	Торий	$4 \cdot 10^{-8}$
Литий	$1,5 \cdot 10^{-5}$	Церий	$3 \cdot 10^{-8}$
Азот	$1 \cdot 10^{-5}$	Иттрий	$3 \cdot 10^{-8}$
Иод	$5 \cdot 10^{-6}$	Лантан	$3 \cdot 10^{-8}$
Фосфор	$5 \cdot 10^{-6}$	Висмут	$< 2 \cdot 10^{-8}$
Цинк	$5 \cdot 10^{-6}$	Скандий	$4 \cdot 10^{-9}$
Барий	$5 \cdot 10^{-6}$	Ртуть	$3 \cdot 10^{-9}$
Железо	$5 \cdot 10^{-6}$	Серебро	$4 \cdot 10^{-9}$
Медь	$2 \cdot 10^{-6}$	Золото	$4 \cdot 10^{-10}$
Мышьяк	$1,5 \cdot 10^{-6}$	Радий	$1 \cdot 10^{-14}$

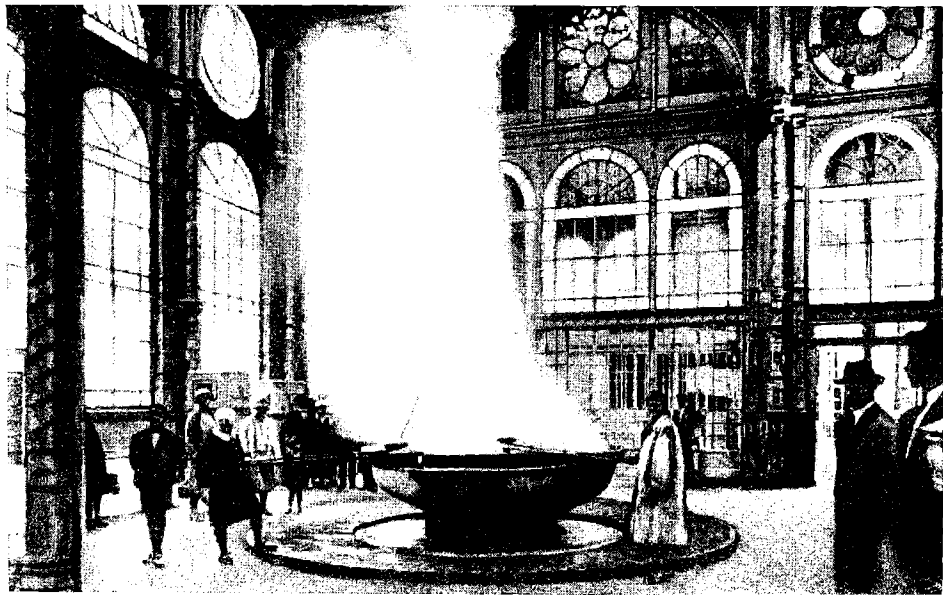
Как видно из таблицы, первые 15 химических элементов в морской воде составляют по весу 99,99%. Все остальные 74 — около 0,01%.

Однако это не так мало, и, например, золота в морской воде находится миллионы тонн.

Ученые много раз пытались построить такую физико-химическую фабрику, которая позволила бы с выгодой извлечь золото из морской воды. Но до сих пор это осталось лишь желанием.

Для морской воды характерна концентрация брома, иода (и, конечно, хлора), очень важных для человека химических элементов, причем иод из морской воды поглощается водорослями и морскими организмами. Из водорослей человек добывает основную массу промышленного иода.

Когда водоросли гибнут, иод поступает в илы дна моря. Илы моря постепенно переходят в породы. Воды, в них заключенные, выжимаются, и образуются пластовые воды. В эти пластовые воды переходит и иод. При бурении на нефть часто вскрывают пластовые воды. Они богаты иодом и бромом. В настоящее время из них начали получать иод и бром. Морская вода является неограниченным резервуаром брома, который



Минеральный источник «Шпрудель», Карловы Вары (Карлсбад) в Чехословакии. Температура воды около 75° , и бьет она на высоту 9 метров.

в настоящее время в ряде мест начали получать непосредственно из морской воды (как и магний).

Особо интересна история атомов кальция в природных водах. Природные воды часто бывают пересыщены ионами кальция, и тогда последний в виде карбоната кальция выпадает на дно, образуя известняки, мел. В истории кальция большую роль играет углекислота. Избыток ее приводит к растворению, недостаток — к выпадению карбоната кальция из растворов.

И если мы вспомним, что углекислоту поглощают зеленые растения, то станет ясна их роль в осаждении кальция из воды. Действительно, огромные острова в теплом море — атоллы — сплошь сложены из карбоната кальция, отложенного в результате жизнедеятельности морских растений, а также из известковых скелетов морских животных.

Этим примером мы хотели показать, что на состав природных вод оказывает значительное влияние и живое население водоема.

Без ознакомления с влиянием «живого вещества» на состав вод водоемов нельзя полно представить всех процессов, которые привели к современному составу вод рек, озер, морей и океанов.



АТОМЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ. ОТ АРКТИКИ ДО СУБТРОПИКОВ

Еще мальчиком я совершил путешествие из Москвы на юг Греции, и среди детских воспоминаний осталась на всю жизнь передо мной картина смены красок, которая развертывалась по мере того, как мы подвигались к югу.

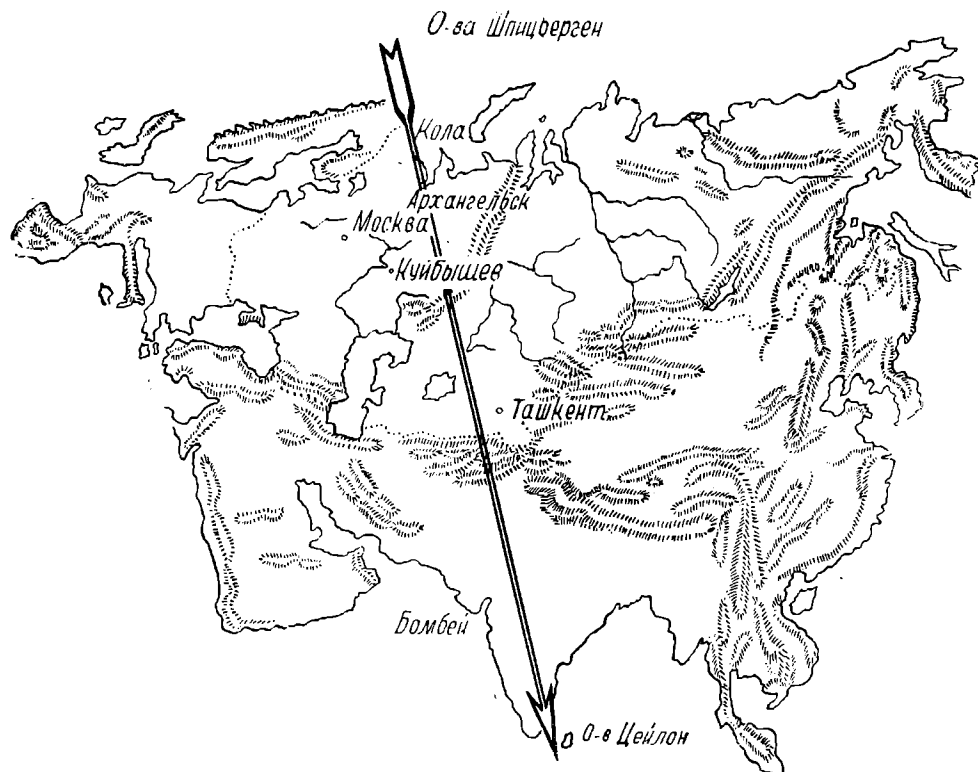
Я помню ясный день в Москве, но серую однотонную землю, серо-красные, бурые глины серозема России. Мне помнится затем более пестрая картина черноземной окраски окрестностей Одессы, освещенных яркими лучами весеннего южного солнца. Вспоминаю, как изменились эти краски, когда мы вошли в Босфор: синева воды, каштаново-бурые почвы, возделанные под виноградники. И, наконец, я как сейчас вижу пейзаж южной Греции — темнозеленые кипарисы, красные почвы и красные натеки окислов железа среди белоснежных известняков.

Я помню, как резко врезалась в мое воображение эта картина смены цветов и как настойчиво просил я отца объяснить мне, почему же так меняются краски. Лишь через много лет я понял, что передо мной прошел один из величайших законов земной поверхности, закон окислительных химических процессов, которые так разно протекают в различных широтах земли.

С тех пор мне пришлось очень много путешествовать по Советскому Союзу, начиная со сплошных лесов тайги, равнин, тундр и полярных океанов вплоть до снежных высот «крыши мира» — Памира, и в гораздо большем масштабе я снова видел следствия этих разнообразных химических реакций и разной судьбы атомов на поверхности земли от самой глубокой Арктики до знойных субтропиков.



Ледник Набесна и гора Блекбёри на Аляске.



Посмотрите на маленькую карту, и отправимся по нанесенной на ней стреле в путешествие от островов Шпицберген до острова Цейлона в Индийском океане.

Вокруг старого Свальбарда сплошные льды. Мертвая ледяная пустыня. Никаких химических реакций, породы не разрушаются в глины или пески, действие морозов распространяется вглубь, образуются грандиозные осыпи. Только изредка на птичьих базарах скапливаются остатки органической жизни, и потеки фосфатов являются почти единственными минералами среди сплошного льда.

Столь же медленно протекают химические реакции южнее, в нашем Кольском или Уральском Заполярье. Как свежи все породы на Кольском полуострове! Тоненькие пленки бурых окислов на железных минералах, широко развитых повсюду. В бинокль за десятки километров в холодное утро вы можете наблюдать породы так, как будто вы это делаете в музее. Лишь в низинах накапливаются торфяники, медленно сгорает органическое вещество растений, превращаясь в бурые гуминовые кислоты, и весенние воды уносят их вместе с другими растворимыми солями, окрашивая пласты студнеобразных масс торфяников и сапропелей на озерах и болотах.

Южнее, в окрестностях Москвы, можно наблюдать другие химические реакции. Тут тоже медленно протекает сгорание органического вещества, те же бурные весенние воды растворяют железо и алюминий,



белые и серые пески окружают окрестности Москвы, синие прослойки фосфатов яркими пятнами выделяются на пространстве огромных торфяников.

Далее к югу постепенно меняются краски, изменяется ход химических реакций, атомы попадают в новую обстановку. Мы видим, как черноземы Среднего Поволжья сменяют серые глинистые почвы Подмосковья. Мы видим, как постепенно яркое солнце видоизменяет поверхность земли, вызывая всё более бурные, всё более энергичные химические процессы.

Уже в Заволжье мы встречаемся с новыми природными реакциями: мы попадаем в огромный соляной пояс, который тянется от границ Румынии через Молдавию, по склонам Северного Кавказа, через всю Среднюю Азию и заканчивается на берегах Тихого океана. Накапливаются различные соли хлора, брома и иода. Кальций, натрий и калий являются металлами этих солей в лиманах и умирающих озерах, десятками тысяч разбросанных на территории этого пояса. Здесь идет сложный процесс образования осадков.

Еще южнее мы попадаем в область пустынь. Тут новая картина бросается нам в глаза: огромные солончаки с их белыми полями пестрят среди зеленых пятен степной растительности, пересекаемых шоколадного цвета водами Аму-Дарьи. Яркие краски говорят нам о новых химических реакциях, атомы перемещаются и приобретают в песках новые химические равновесия. Одни накапливаются в виде песков, образующих пустыни, другие растворяются, переносятся ветрами и бурным тропическим дождем, оседая в солончаках и шорах среди пустынь.



Барханные пески Нефтедага в Туркмении.



Горные цепи Центрального Памира. Снимок с высоты 6 500 метров.

Но еще более яркие краски мы видим в предгорьях Тянь-Шаня. Здесь бурные химические реакции встречаются на каждом шагу, и пути странствования атома на поверхности земли очень сложны. Я не могу забыть впечатление от тех ярких и пестрых цветов, которые бросились нам в глаза, когда мы посетили впервые одно замечательное месторождение. В моей книжке о цветах камней я описал эту картину в следующих словах:

«Яркосиние и зеленые пленки медных соединений покрывали обломки пород, то сгущаясь в оливково-зеленые бархатистые корочки ванадиевых минералов, то сплетаясь лазоревыми и голубыми тонами водных силикатов меди.

Пестрой гаммой тонов лежали перед нами многочисленные соединения железа — гидратов его окиси, то желтые, золотистые охры, то яркокрасные маловодные гидраты, то буро-черные сочетания железа и марганца; даже горный хрусталь приобретает яркокрасные цвета «кампостельского рубина», прозрачный барит делается желтым, бурым, красным «рудным баритом»; на розовых глинистых осадках пещер выкристаллизовываются красные иголки алаита — свободной ванадиевой кислоты, а на белых костях человеческого скелета — яркие зелено-желтые листочки слюдки».

Картина пестрых, ярких тонов незабываема, и геохимик с вниманием присматривается к ней, стараясь отгадать ее причину. Он видит прежде всего, что все соединения находятся в сильно окисленном виде, и самые высокие степени окисления марганца, железа, ванадия и меди характеризуют эти минералы; он знает, что этим они обязаны южному



солнцу, ионизированному воздуху с его кислородом и озоном, разрядам электричества в часы тропических гроз, с превращением азота в азотную кислоту; эти соединения обязаны своим окислением и быстрому сгоранию растительности без обычного восстановления продуктов смерти.

Но стрела уносит нас еще дальше за границы песков и солнечных преобразований. Вы поднимаетесь на высоту в 4 тысячи метров, вы снова попадаете в пустыню, но пустыню льда, вы здесь не видите ни ярких красок, ни странствований атомов, которые сейчас наблюдали в низинах Средней Азии. Перед вами такая же картина, как на Новой Земле или Шпицбергене.

Всюду грандиозные осыпи механических осадков, свежие горные породы почти не знают химических реакций, и только кое-где среди снегов и льдов выцветы одиноких солей и скопления селитры.

Перед вами картина, напоминающая арктические пустыни, и лишь редкие грозы с сильными молниями говорят о жизни и образуют в воздухе разряды электричества, создают частицы азотной кислоты, оседающей в виде селитры в высокогорных пустынях Памира и в еще более грандиозных количествах в пустыне Атакама в Чили.

Но будем следить за нашей стрелой дальше, через высоты Гималаев, и мы снова увидим яркие краски южных субтропиков. Непрерывные теплые дожди сменяются тропическим сухим летом, и сложнейшие химические реакции происходят на поверхности земли, осушая раство-



Гагры. Аллея пальм в парке.



Эрозия (размывание) в пустыне.
(Снимок сделан с самолета).

римые соли, накапливая громадные толщи красных осадков, руд алюминия, марганца и железа.

Дальше показываются кроваво-красные латеритные почвы Бенгалии. В диких смерчах поднимаются они вверх. Шоколадно-красные тона почв тропической Индии, где на каждом шагу сверкают нагретые солнцем обломки пород, покрытые как бы полуметаллическим лаком, и только изредка залегают ванны белой и розовой соли, перемежая эту картину красных почв индийских субтропиков.

Еще живее и шире раскрывается картина странствования атомов на юге Индии, там, где изумрудно-зеленые воды Индийского океана омывают красные берега, а вулканические извержения базальта приносят из глубин свои дыхания.

Сложные химические образования на каждом шагу разнообразят картину морского дна, начиная с пестрых берегов,

с их раковинами, мшанками и кораллами, кончая глубинами с коралловыми рифами и грандиозными скоплениями коралловых известняков.

В глубинах, в иле, там, где накапливаются остатки скелетов живых организмов, образуются фосфорные соли в виде желваков фосфоритов. Радиоларии с их панцирями из кремнезема, принесенного реками, строят свои ажурные раковинки, а фораминиферы поглощают барий и кальций, строя свои скелеты. Так быстро сменяются атомы от Арктики до субтропиков, и грандиозны процессы странствования отдельных элементов на поверхности земли.

Что вызывает это различие в ландшафтах дальнего севера и тропического юга? Мы знаем сейчас, что оно вызвано действием солнечных лучей, выгоранием, обилием влаги и высоких температур земли. Оно вызвано бурной органической жизнью, развивающейся и требующей огромного количества различных атомов. Мощные скопления остатков живой клетки на горячем южном солнце разлагаются в углекислоту, которая насыщает воду своими кислыми растворами.

Скорость химических реакций повышается на юге во много раз, ибо мы, геохимики, хорошо знаем одно из основных правил химической науки, что в большинстве случаев на каждые 10° скорость химических реакций повышается вдвое.



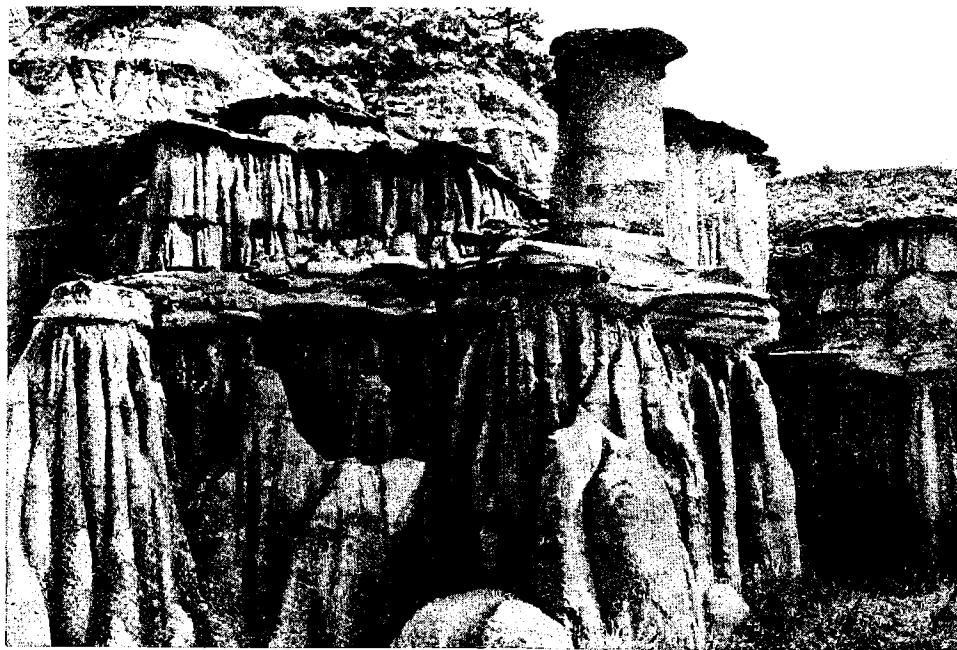


И нам делаются отсюда понятными неподвижность и покой атомов в арктической пустыне и сложные пути странствования атомов в субтропиках и пустынях юга. Мы видим, что можно говорить о химической географии, что мир природы с ее разнообразием материков и стран связан прочными нитями с теми химическими процессами, которые идут вокруг него.

Среди всех факторов, определяющих ход геохимии, всё шире и шире приобретает значение сам человек. Его интенсивная деятельность за последнее столетие была связана со средними широтами, и лишь постепенно он начинает осваивать пустыни арктической земли и овладевать песчаными пустынями юга. Он приносит свои новые сложные химические реакции и нарушает природные процессы, возбуждая новые движения и странствования нужных ему атомов. Новая химическая география давно уже наметилась там, где установили в нашей стране основы почвоведения, той науки, родина которой — Россия и будущее которой — это судьба плодородия наших полей.

И мы вспоминаем, как в восьмидесятых годах прошлого столетия, в блестящих лекциях в небольшой аудитории Петербургского университета, знаменитый «отец почвоведения» В. В. Докучаев раскрывал увлекательные картины новой науки, рисуя те почвенные пояса, которые покрывают всю землю, начиная с полярных тундр и кончая пустынями юга.

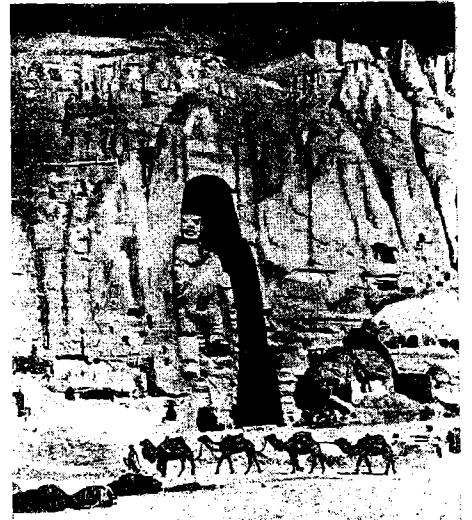
Тогда его прекрасное построение нельзя было еще перевести на язык химии. Но сейчас, когда химия мощно врывается в область геологической науки, когда агрохимии стали управлять жизнью растений и теми реакциями, которые происходят в почве, когда геохимик охваты-



Выветривание глинистых слоев.



Таинственные статуи, вырезанные из вулканических скал. Остров св. Пасхи в Тихом океане.



Фигура Будды высотой в 15 метров, вырезанная из песчаника. Афганистан.

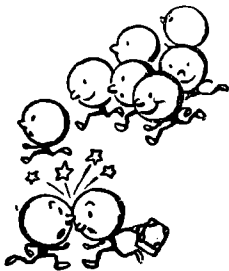
вает своими достижениями все области странствования атомов, — мы начинаем понимать те сложные пути, которые проходит каждый атом в разных широтах нашей земли.

А между тем прошлое учит нас, что эти широты менялись. В течение почти двух миллиардов лет жизнь нашей земной коры менялась, изменялось положение полюсов, горные хребты сначала располагали свои снежные вершины лишь в полярных странах, и постепенно складчатость перемещалась на юг, образуя такие хребты, как пояса Альп и Гималаев. Перемещались с севера на юг и большие моря, опоясывающие землю, менялись пояса, менялись условия ландшафта. В каждом месте много раз сменялись моря горами, горы пустынями и снова морями.

Так в долгой геологической истории земли менялся и ход химических реакций и странствования отдельных атомов, и почвенные и поверхностные покровы в каждом данном месте земного шара есть лишь отражение тех химических судеб, которые испытывали атомы в долгие периоды разнообразной истории нашей земной поверхности.

Сейчас мы знаем, что всё живет, всё течет, всё меняется во времени и пространстве, и среди природы самым подвижным, постоянно ищущим новых путей является атом, первозданный кирпичик, из которого строятся самые замечательные постройки мира, тот клубок исторических сил, который вечно ищет покоя и равновесия, покорный основным законам природных процессов.

Ищет — но не находит и не найдет никогда, так как в природе нет покоя, а есть только вечная материя в вечном движении...



АТОМЫ В ЖИВОЙ КЛЕТКЕ

Простым глазом можно видеть, что угли слагаются из остатков растений. Раковины ископаемых морских моллюсков образуют нередко пласты известняков.

Но если мы посмотрим известняки, мел, диатомит и многие другие так называемые осадочные породы под микроскопом, то увидим, что они часто сплошь состоят из остатков скелетиков микроскопической величины организмов.

Одним словом, в геологии давно признана огромная роль организмов, населяющих земной шар, во всех процессах, которые идут на поверхности земли.

Это участие в геохимических процессах — образование горных пород, концентрация или рассеяние отдельных химических элементов, осаждение веществ из воды, например образование из известняковых скелетов организмов — известняков, — осуществляется при большем или меньшем участии живого вещества.

Действительно, известняки могут образовываться из известковых скелетов погибших организмов. Но далеко не у всех морских организмов скелеты из извести. У ряда других, например губок, скелеты из кремнезема.

Но еще более существенно, что в процессе жизни все организмы земли, растения и животные, извлекают, поглощают или поедают огромные массы вещества и как бы пропускают это вещество через себя.

Скорость этого процесса особенно велика у самых мельчайших организмов: бактерий, простейших водорослей и других низших организмов. Это связано с огромной скоростью их размножения. Они делятся каждые пять-десять минут.

Но продолжительность жизни их короткая.

Подсчет показывает, что в этом процессе захватывается количество вещества во много тысяч раз больше того, которое заключается в данный момент во всех организмах земли, растениях и животных, или, как говорят, во всем живом веществе планеты.

Напомним, что зеленые растения на свету выделяют из своих листьев кислород и поглощают углекислоту. Кислород воздуха, образовавшийся таким путем, идет на окисление растительных остатков, окисляет некоторые горные породы, поглощается животными при дыхании.



Углекислота в растениях превращается в углеводы, белки и другие соединения.

Представьте себе на момент, что на поверхности земли, в ее морях и океанах, на равнинах и в горах исчезли все организмы. Что бы произошло?

Кислород связался бы остатками органического вещества и исчез бы из атмосферы. Состав ее стал бы другой. Микроскопических морских организмов с известковым скелетом не стало бы — следовательно, не стали бы образовываться пласты известняка и мела. Перестали бы вздыматься меловые горы. Лик земли совершенно преобразился бы и стал иным.

Геохимическая деятельность организмов чрезвычайно разнообразна. Это значит, что разные организмы могут участвовать в самых разнообразных процессах.

Для того чтобы выяснить геохимическую роль организмов, прежде всего необходимо знать их химический состав. Свое тело организмы строят целиком за счет веществ, извлекаемых тем или иным путем из окружающей их среды — из воды, почвы и воздуха.

Очень давно было установлено, что главной составной частью всех организмов является вода — H_2O , в среднем ее около 80%, — несколько больше в растениях и несколько меньше в животных.

Таким образом, элемент кислород в организмах занимает по массе первое место.

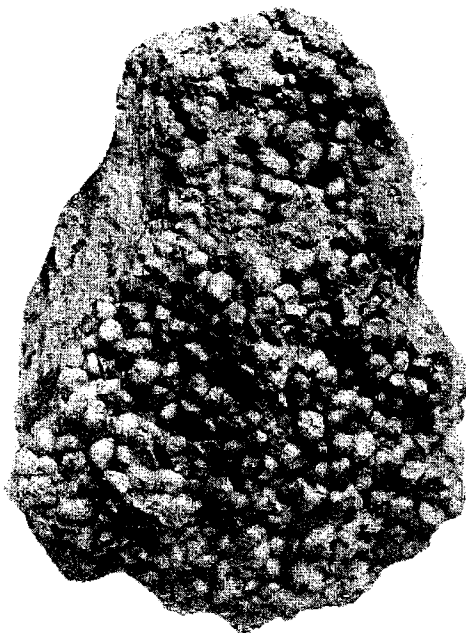
Совершенно исключительную роль играет в строении тела организмов углерод.

Он образует многие тысячи разнообразных соединений с водородом, кислородом, азотом, серой, фосфором, из которых, в свою очередь, слагаются белки, жиры, углеводы, тела организмов.

Основным источником для этих углеродных соединений в живом веществе является углекислота. Далее, в организмах содержится значительное количество азота, фосфора, серы в виде сложных органических соединений.

Наконец, в организмах всегда находятся кальций — особенно в скелетах, — калий, железо и другие химические элементы.

Вначале полагали, что десять-двенадцать элементов, находящиеся в наибольших количествах в организмах, имеют исключительное для организмов значение. Но далее обнару-



Общий вид оолитовой руды марганца.

жилось, например, что кремний играет важную роль в жизни кремневых губок, микроскопических радиолярий, диатомовых водорослей, у которых из окиси кремния образуются скелеты.

Железные бактерии концентрируют в своих телах железо. Открыты были бактерии, таким же образом концентрирующие марганец, серу.

В скелетах некоторых морских организмов обнаружили, вместо кальция, барий и стронций.

Одним словом, оказалось, что существуют организмы, которые, помимо десяти-двенадцати химических элементов, концентрируют то железо, то марганец, то барий, то стронций, то ванадий и многие другие редкие химические элементы.

Геохимическая роль подобных организмов-концентраторов совершенно понятна.

Одни выбирают и накапливают, например, атомы ванадия, — как это делают морские беспозвоночные оболочники, из морской воды, морского ила, где ванадий находится в ничтожных следах.

После гибели их ванадий в концентрированном виде остается в морских осадках.

Водоросли выбирают из морской воды иод, которого здесь миллионные доли процента. Затем иод с остатками морских водорослей поступает в морской грунт. В породе, впоследствии образовавшейся из этого грунта, образуются иодные минерализованные воды. И мы добываем иод из пластовых вод, пробуравив глубоко породы там, где было когда-то море.

Чем совершеннее техника исследования состава организмов, тем большее число химических элементов находим мы в них, правда, в очень малых количествах.

Вначале даже допускали, что серебро, рубидий, кадмий и другие химические элементы, обнаруженные в организмах, — лишь случайное загрязнение, но теперь твердо установлено, что практически все химические элементы входят в организмы. Весь вопрос в том, в каких количествах они содержатся в разных организмах. Именно этот вопрос в настоящее время и занимает ученых.

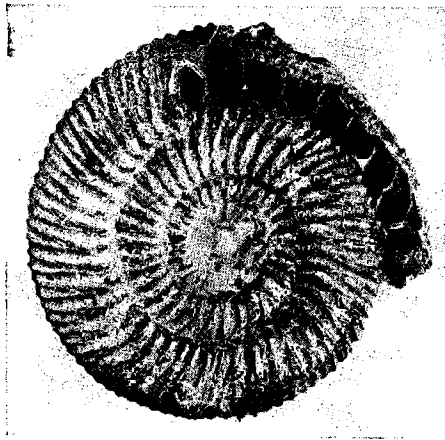
Мы заранее можем сказать, что состав организмов далеко не повторяет состава окружающей среды — пород, вод, газов, взятых вместе. Например, в почвах и породах находятся в значительных количествах титан, торий, барий и другие химические элементы, между тем титана в организмах в десятки тысяч раз меньше, чем в почвах, и т. п.

С другой стороны, в почвах, водах мало углерода, фосфора, калия



Микроскопическая картина строения оолитов марганцевых руд. Снято в отраженном свете.





Раковина аммонита, превращенная в минерал марказит (FeS_2). Окрестности города Ульяновска на Волге.

и других химических элементов, а в организмах они скапливаются в больших количествах.

С геохимической точки зрения в настоящее время стало ясно, что главную массу тела организмов составляют те химические элементы, которые в условиях поверхности земли, или, лучше сказать, биосферы — области обитания организмов на нашей планете, — образуют легкоподвижные соединения или газы. Действительно, CO_2 , N_2 , O_2 , H_2O — всё это газы или жидкости легкоподвижные, доступные для организмов в процессе их жизни. Иод, калий, кальций, фосфор, сера, кремний и многие другие легко образуют растворимые в воде соединения.

Зато титан, барий, цирконий, торий хотя и находятся в достаточном количестве в почвах и породах, но не образуют легко растворимых в воде и, следовательно, легко перемещающихся соединений в биосфере. Они менее доступны или совсем недоступны организмам. Организмы их не накапливают. Они находятся в непропорционально малых количествах в организмах.

Очень мало в организмах находится, наконец, и тех химических элементов, которых в биосфере недостаток, как, например, радия, лития.

Химические элементы, находящиеся в организмах в очень малых количествах — порядка сотых долей и меньше процента, — называются часто микроэлементами.

В настоящее время признана очень важная физиологическая роль микроэлементов. Многие микроэлементы входят в состав физиологически важных веществ тела организмов, наподобие того, как железо входит в состав гемоглобина крови. Так, например, иод входит в состав гормона щитовидной железы животных, медь и цинк входят в состав ферментов животных и растений.

Можно было бы построить карту анатомического строения организмов с указаниями, где, в каких органах и тканях концентрируются химические элементы. Но нас сейчас занимает геохимическая роль организмов.

И мы должны согласиться, что, в зависимости от свойств организмов, концентрирующих тот или иной химический элемент, или, иначе говоря, в зависимости от их химического элементарного состава, разные организмы выполняют различные геохимические функции.

«Кальциевые» организмы, из скелетов которых слагаются известняки, участвуют в геохимической истории кальция и в биосфере; организмы, концентрирующие кремний, ванадий, иод, играют в истории этих атомов важную роль.

Задачей является изучить влияние организмов на геохимическую историю разных атомов в биосфере оценить его и использовать.



Уже сейчас оказалось возможным, наблюдая за характером растительности данного места и замечая известные растения — концентраты металлов, отыскивать месторождения этих металлов. Руда, лежащая под почвой, невольно заражает собою почву. В подобной почве увеличивается содержание никеля, кобальта, меди, цинка. Отсюда их содержание увеличивается и в растениях.

Поэтому сейчас анализируют растения на эти элементы и, если находят обогащение, — роют канавы и закладывают шурфы. Так были открыты некоторые цинковые, никелевые, молибденовые и другие месторождения.

Организмы — растения и животные — «привыкли» к определенной концентрации тех или иных химических элементов в среде — водах, почвах, породах. Там, где их оказывается меньше или, наоборот, больше, — организмы отвечают изменениями своей формы, роста. Недостаток иода в почвах, водах, продуктах в некоторых горных районах вызывает у людей и животных эндемический зоб, а недостаток кальция в почвах — ломкость костей у животных и т. д.

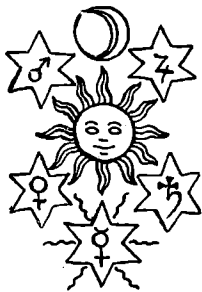
Это всё указывает, в какой тесной вещественной связи находится так называемая мертвая природа с живым веществом.

Они связаны вместе общей историей атомов химических элементов.

И чем мы лучше и подробнее будем знать историю перемещения химических элементов — атомов на земле, тем ярче и точнее будем знать и геохимическую деятельность живых организмов.

Вот почему для этого прежде всего необходимо знать их количественный химический элементарный состав.





Проследивая историю открытия химических элементов, мы наталкиваемся на странные и удивительные вещи. Первые элементы человек узнал попутно, не думая о них, даже не подозревая, что он владеет тайной, которая открыла бы острому уму важнейшие секреты природы. Трудно, с колоссальным усилием проникала из практики в сознание мысль о простых веществах, лежащих в основе строения всякой материи.

Алхимики не знали способа отличать простое тело от сложного, но они знали металлы и некоторые вещества, например мышьяк и сурьму. Только алхимики не считали их металлами. Вершины алхимической мудрости изложены в следующей записке алхимика:

«Семь металлов создал свет
По числу семи планет.
Дал нам космос на добро
Медь, железо, серебро,
Злато, олово, свинец...
Сын мой! Сера их отец.
И спеши, мой сын, узнать:
Всем им ртуть родная мать!»

(Стихотворный перевод Н. Морозова).

Алхимики, а позднее некоторое время и химики называли эти металлы именами планет: золото — Солнце, серебро — Луна, ртуть — Меркурий, медь — Венера, железо — Марс, олово — Юпитер, свинец — Сатурн. Мышьяк и сурьма не считались металлами, хотя их свойства окисляться и возгоняться при нагревании были известны очень хорошо.

Алхимики также знали, что каждому металлу соответствует своя «земля», или «известь», и умели при помощи кислот эти «извести» (или, как мы говорим теперь, «окислы») получать из всех металлов. Но они думали, что «извести» — более простые тела, а металлы — это соединения «известей» с «флогистоном», особым летучим началом огня.

Нужны были гений и трудолюбие Ломоносова, чтобы доказать, что, наоборот, «ртутная известь» — сложное тело, состоящее из ртути и только что открытого Пристлеем газа кислорода, и что вес этого газа в точности равен прибавке в весе «ртутной земли». Год этого открытия (1775) по справедливости считается годом начала современной химии

и годом крушения алхимических фантазий, которые давно уже мешали научному изучению природы.

К этому времени было уже известно несколько десятков элементов: еще в 1669 году Бранд открыл фосфор, а в половине XVIII века были открыты кобальт, никель и научились из «цинковой земли» получать металл цинк. Наконец, в 1748 году в Америке Антонио Улоа описал новый, похожий на серебро, металл — платину.

Но настоящая ревизия всех «простых» тел началась только в последней четверти XVIII и начале XIX столетия. В 1774 году были открыты кислород и хлор, но только через десять лет, разлагая током от гальванических батарей воду, Кавендиш открыл водород и выяснил состав воды.

Дальнейшие открытия элементов шли закономерно: брали природное новое тело и разлагали его на составные части. В ряде случаев наталкивались на новые элементы. Так были открыты марганец, молибден, вольфрам, уран и цирконий, а также ряд других элементов.

В 1808 году Дэви усовершенствовал электролиз, показавший свою силу в руках русского ученого Якоби: он усилил мощность тока и научился при помощи керосина и минеральных масел защищать продукты электролиза от окисления. Так были получены щелочные металлы в чистом виде: были открыты калий, натрий, кальций, магний, барий и стронций.

За 14 лет, с 1804 по 1818 год, было открыто 14 элементов (кроме тех, о которых мы говорили, еще: иод, кадмий, селен и литий). За ними последовали бром, алюминий, торий, ванадий и рутений. А потом следует перерыв: нужны были новые методы исследований, старые уже исчерпали свои возможности.

Лишь когда в 1859 году был открыт спектральный анализ, снова последовали открытия, теперь уже таких элементов, которые были близки по свойствам к ранее изученным и не могли быть от них отличены старыми научными методами. Были открыты: рубидий, цезий, таллий, индий, эрбий, тербий и некоторые другие. Когда Д. И. Менделеев в 1868 году открыл свой знаменитый закон, ему уже было известно 60 элементов.

С этих пор наука получила твердую уверенность в существовании тех или иных элементов.

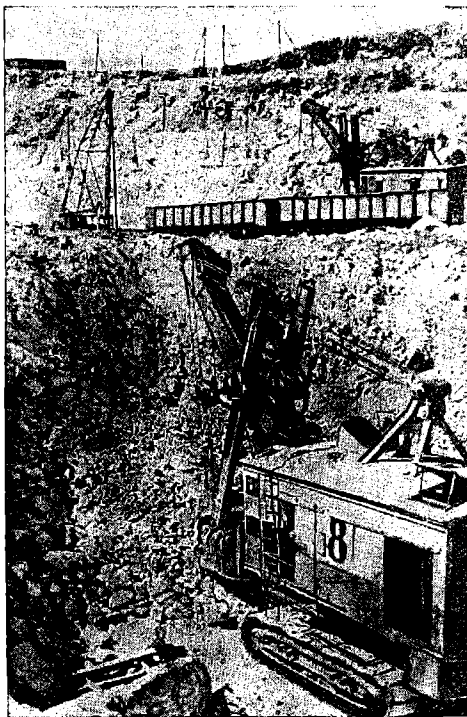
Оказалось, что у каждого элемента есть в таблице свое место, и общее число всех элементов должно быть 92, а пустые клетки — это еще не открытые элементы.

Для трех из них — экаалюминия (клетка № 31), экасилиция (клетка № 32) и экабора (клетка № 21) — Менделеев предсказал главные физические и химические свойства. Его предсказание блестяще подтвердилось, когда эти элементы были открыты. Экабор был назван скандием, экаалюминий — галлием, а экасилиций — германием.

Не надо думать, что ранее всего нам стали известны часто встречаемые в земной коре элементы, а редкие — потом. Ничего подобного. Например, золота, меди и олова в земной коре очень мало, в то же время это были первые металлы, с которыми познакомились люди и которые были использованы в технической культуре. А между тем олова в среднем в земной коре несколько миллионных долей, меди — несколько десятитысячных, а золота — так даже одна-две миллиардных.

1775 г.





Добыча руды экскаватором.

И в то же время самые распространенные в земной коре элементы, как, например, алюминий, составляющий 7,5% среднего состава земной коры, были открыты очень поздно, — алюминий еще в начале XX столетия считался редким металлом.

Причина здесь кроется в том, насколько легко металл образуется в самородном виде и часто ли встречаются скопления с преобладанием этого металла, так называемые «месторождения». Способность собираться, концентрироваться в одном месте — вот что облегчило открытие и использование металлов в технике для потребностей человечества.

Открытие каждого нового элемента знаменует начало изучения его свойств, сперва химиками в лаборатории. Это, так сказать, первое знакомство. При этом химики ищут особенности элемента, его отличительные, оригинальные черты.

Например, разве не любопытно, что удельный вес лития 0,53, так что этот металл плавает даже в бензине? А у осмия, наоборот, 22,5, так что он в сорок раз тяжелее лития. Разве не любопытно, что галлий плавится всего при 30°C , но почти не может быть вскипячен, так как его температура кипения ($2\,300^{\circ}$) лежит далеко за пределами тех высоких температур, которые обычно употребляются в технике. «Что же тут любопытного?» — спросите вы. Попробуем рассказать.

Сначала о галлии. Применяя высокий нагрев в лабораториях и на заводах, инженеры и химики хотели бы всегда знать, до какой температуры нагревается проба или изделие. Конечно, прежде всего надо измерить температуру. Но вот беда: до 360° измерить очень просто, но при более сильных нагревах возникают затруднения: ртуть при 360° кипит, и ртутные термометры не годятся. А вот галлий годится. Если взять тугоплавкое кварцевое стекло и наполнить градусник расплавленным галлием, то таким термометром можно мерить температуру почти до $1\,500^{\circ}$, а галлий еще и не думает кипеть. Если найти еще более тугоплавкие стекла, то можно измерить температуру и в $2\,000^{\circ}$.

Теперь о весе. Вес, тяжесть — нечто гнетущее, прижимающее к земле. Вес сопротивляется движению, скорости, подъему на неизведанные высоты. А человек хочет двигаться быстро по земле, хочет летать по воздуху, как птица. Для этого надо победить тяжесть, и человек ищет легких и прочных конструкций, легкого и прочного материала.

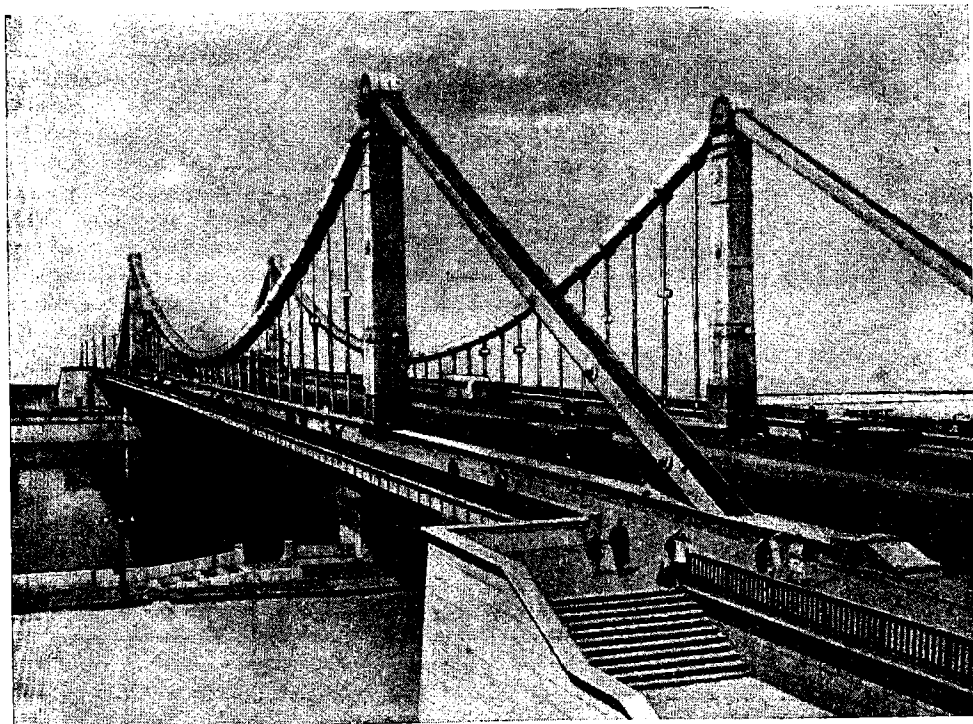
И вот особенно подходящими оказались два металла: алюминий



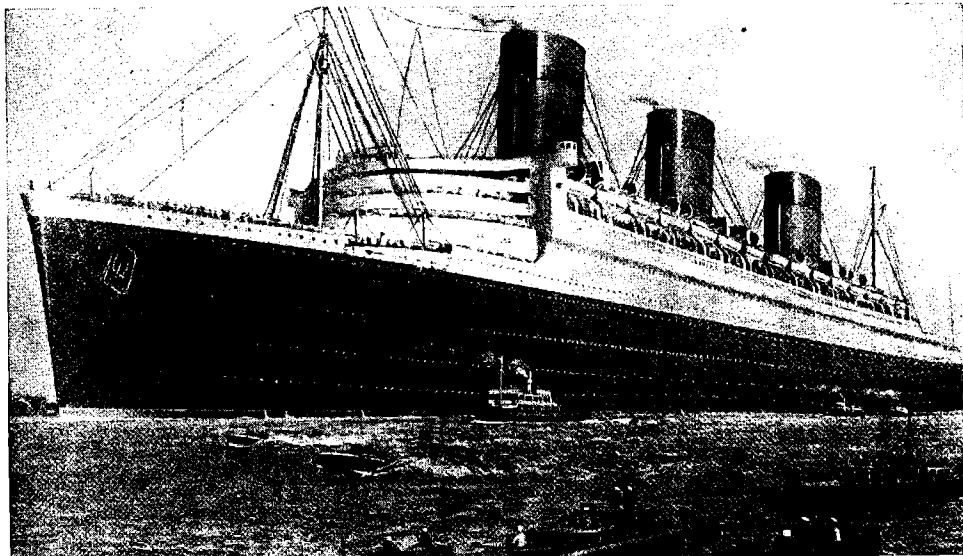
с удельным весом 2,7 и магний, удельный вес которого 1,74. Магний, можно сказать, был открыт два раза. Первый раз его открыл Тэви, и с тех пор он более ста лет считался одним из самых бесполезных металлов. Он шел лишь на елочную пиротехнику в виде лент и порошка. Но в XX столетии было обнаружено, что этот «игрушечный» металл обладает такими замечательными свойствами, что его применение может сделать настоящий переворот в различных областях техники.

Первый «летающий» металл — бесспорно алюминий. Когда были преодолены трудности получения металлического алюминия, то он первым делом завоевал кухню. Легкие и чистые неоокисляющиеся кастрюли, ложки и кружки — вот на что были истрачены первые его запасы. В технику его не пускали, — да и куда, казалось, годился этот мягкий, не особенно прочный, не паяющийся легкоплавкий металл? Алюминий завоевал мир только после того, как был изготовлен дюралюминий — твердый сплав, полученный «кухонным способом»: в тигель с алюминием добавлялось всего понемногу, и каждый новый сплав исследовался на прочность и другие качества.

Никто не мог в то время объяснить, почему 4% меди, 0,5% магния и незначительные примеси других металлов превратили мягкий, податливый алюминий в чудесный дюраль, прочный и способный закаливаться, как сталь. Замечательные свойства дюралюминия проявляются не сразу, и это значительно облегчает и упрощает его обработку.



Москва. Крымский мост.



Океанский пароход, корпус которого построен из молибденовой стали.

После закалки дюраль остается мягким еще несколько дней. За это время он «набирается сил», пока внутри сплава происходит перемещение медных частиц, образующих скелет дюралюминия. Дюраль не одинок, есть и другие сплавы, которые кое в чем даже лучше дюралья. Таков, например, русский кольчугалюминий, по прочности превосходящий дюраль.

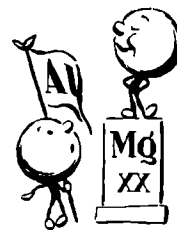
Внедрение дюралья и других легких сплавов имеет колоссальное значение для всех видов транспорта. Вес вагона метро или трамвая, сделанного из алюминия, на треть меньше, чем из стали. В стальном трамвайном вагоне на одно пассажирское место приходится около 400 килограммов мертвого веса. А если металлическую конструкцию трамвая выполнить из алюминия, то вес на пассажирское место снизится до 280 килограммов.

Алюминий дал человеку настоящие крылья. Но человеку мало летать — ему надо летать как можно дальше. И вот, если вес металла, из которого сделан самолет, сделать еще легче, скажем, на 20%, то это лишняя тонна бензина в запасе и, стало быть, лишние тысячи километров полета. Но где же найти металл более легкий, чем алюминий?

И вот вспомнили про магний — ведь его удельный вес 1,74, то есть на 35% меньше, чем алюминия. Однако у магния нет тех качеств, которые нужны для строительного металла, — крепости и, в особенности, сопротивляемости к окислению: магний даже кипящей водой разлагается, отнимая от нее кислород и превращаясь в белый порошок — окись магния. Да и на воздухе он горит лучше дерева. Но конструкторы и химики не пришли в отчаяние: они знали, что сплавы — вот что поможет им найти металл с нужными свойствами. И действительно, оказалось, что самые небольшие прибавки меди, алюминия и цинка лишают магний горючести и придают ему прочность, равную прочности дюралья.



Все сплавы с содержанием магния более 40% называются «электро-нами».¹ В электроны, кроме магния, входят еще алюминий, цинк, марганец и медь.



И вот теперь, в XX веке, магний был открыт второй раз и сразу же завоевал себе прочное место как металл самолетостроения. Особенно обширно его применение для авиамоторов. Их части из магниевых сплавов обладают большою прочностью и неустойчивостью.

«Разве металлы устают?» К сожалению, да. Стальная пружина, разгибаясь и сгибаясь сотни тысяч раз, теряет упругость, становится хрупкой и ломается, — устает. Вал мотора, «старая», ломается. И вот техника открыла, что некоторые сплавы очень «неустойчивы», — у них атомы разных металлов так хорошо подошли друг к другу, что, несмотря на удары, сцепление их не ослабевает. Таковы сплавы с магнием.

Конечно, одно самолетостроение не исчерпывает всех возможностей использования магния. Он широко применяется в автомобилестроении. Инструменты и части машин из магниевых сплавов отличаются большою прочностью и легкостью: они в пять-шесть раз легче стальных при той же, а иногда и большей прочности.

Магний — очень распространенный металл в земной коре: он встречается всюду. Подобно железу, он легко дает значительные скопления, откуда его нетрудно добывать. В больших количествах магний содержится в морской воде, в соленых озерах, например у крымских берегов в водах Сиваша.

Главная руда магния — карналлит (двойная хлористая соль калия и магния), и наш Советский Союз им исключительно богат. Крупные запасы его лежат в Соликамском месторождении пластами под землей на глубине 100—200 метров от поверхности. Карналлит рвут аммонитом, рубят отбойными молотками в шахтах и выдают на поверхность.

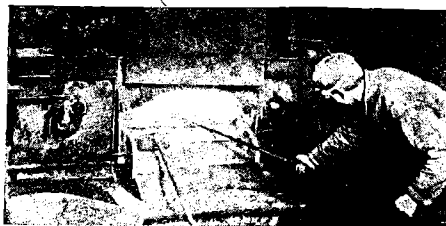
Здесь еще нужно с ним много повозиться, чтобы отделить магний от хлора, с которым он тесно связан. Для этого карналлит надо расплавить и пропустить через него постоянный ток. Электричество разрывает связь между магнием и хлором, и белый металл живыми струйками полется в изложницы.

Сейчас пришло время добывать магний и из морской воды, в которой 3,5% солей, из них магния — одна десятая часть. Таким образом, 1 кубометр морской воды содержит 3,5 килограмма металлического магния.

Добыча его очень проста: фильтрованная морская вода наливается в чаны, куда подсыпается гашеная известь, и тогда, в виде мути, выпадает гидрат окиси магния. Его отстаивают и воду сливают. Осадок сушат на фильтрах, нейтрализуют соляной кислотой и окончательно обезвоживают. Полученный хлористый магний идет на электролиз в плавленом виде, примерно при 700°, как и карналлит. Вот и весь процесс.

Но магний не только строительный металл. Его способность гореть, развивая при этом огромную температуру, до 3 500°, тоже не

¹ Не нужно путать электрон-сплав с электроном — частицей отрицательного электричества: это только случайное совпадение слов.



Печь для плавки руд вольфрама.

забыта техникой. Магний — важная составная часть в специальных бронзах, магнеалюминиевая пыль — самая сильная смесь для зажигательных бомб. Магний очень нужен промышленности, и ему предстоит блестящее будущее.

Но вернемся к самолетам. Есть еще «летающий» металл, к освоению которого самолетостроители сейчас только приступают. Это бериллий. Его удельный вес 1,84, но он

устойчивее и «крепче» магния.

Сплавы бериллия превосходят по качествам все сплавы, до сих пор применяемые в самолетостроении. Инструменты из этих сплавов работают без шума и не дают искр.

Он повышает качества магниевых сплавов, сообщая им особую прочность и неокисляемость. Незначительная присадка бериллия к магнию устраняет необходимость защищать металлический магний от окисления при разливке.

Но встает вопрос: а нет ли сплавов еще более легких?

Вспомним о металле литии. Ведь его удельный вес 0,53, то есть такой, как у пробки. А между тем, прибавленный в небольших количествах к сплавам алюминия и магния, он придает им особую твердость.

К сожалению, еще не найдено стойких сплавов с большим количеством лития. Но искать их стоит, так как литий — распространенный металл, его в земной коре столько же, сколько цинка, и он встречается в значительных количествах в некоторых месторождениях в виде минералов сподумена и литиевых слюд.

Таким образом, если бы, например, сплавы лития с бериллием оказались подходящими, литий можно добыть в достаточных количествах. Но работы по изучению литиевых сплавов еще не увенчались успехом, — это является задачей сегодняшнего дня. Литий уже имеет серьезное применение в щелочных аккумуляторах.

Литий встречается в минеральных водах, и врачи приписывают водам, богатым литием (как, например, воды Виши во Франции), особо целебные свойства. Но всё же наиболее заманчивой является перспектива легкого, прочного и неокисляющегося металла для самолетов.

Легкие металлы и сплавы, однако, еще далеко не заменили в настоящем черные металлы — железо, сталь и их сплавы — ни в транспорте, ни во многих других видах промышленности. Поговорим об этих «старичках», которые, однако, еще очень бодры, крепки и дают всё новые сплавы отличных качеств.

Если учесть все сложные, так



Обработка вольфрамовых изделий.

Я ТОЖЕ
«ЛЕТАЮЩИЙ»
МЕТАЛЛ!



МНЕ ТОЖЕ
ПРЕДСТОИТ
БОЛЬШАЯ БУ-
ДУЩНОСТЬ В
АВИАЦИИ!



называемые легированные стали, то здесь будет группа близких между собой металлов — железа, никеля, кобальта, хрома, ванадия, марганца, молибдена и вольфрама. Все эти сплавы в основе своей — «стали», то есть состоят из углеродистого железа, качества которого существенно улучшены «легированием», или прибавкой редкого металла.

Идя по пути замены части железа редкими металлами, конструкторы пришли к сплавам, в которых уже нет железа. Таков, например, стеллит, состоящий из вольфрама, хрома и кобальта. Этот сплав явился родоначальником широко известных теперь сверхтвердых сплавов, принесших в технику невиданные скорости резания металла — сначала 70—80 метров в минуту, а теперь и сотни метров в минуту.

Вольфрам породил сверхтвердые сплавы и мощную технику резания металлов. Вольфрам и молибден дали сотни новых марок сталей, невиданных по прочности, жароупорных, броневых, рессорных, снарядных, броневых и т. п.

Нет, пожалуй, ни одной отрасли техники, которая не претерпела бы коренных изменений в связи с раскрытием свойств редких металлов — вольфрама, молибдена и других.

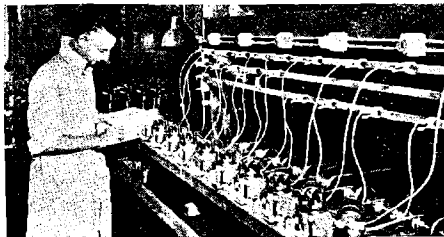
Впрочем, название «редкие» — для них уже пережиток. Если учесть их содержание в земной коре, то молибдена в два раза больше, чем свинца, а вольфрама даже в семь. Какие же они редкие! А в промышленности они тоже уже становятся обычными, и их добыча сильно растет, догоняя добычу других, обычных, металлов.

Стальные сплавы с молибденом применяются для изготовления оружейных стволов и лафетов. Марганцево-молибденовая сталь применяется как материал для брони и броневых снарядов.

Конструкторы автомобилей и самолетов предъявляют три основных требования к металлу: максимальная упругость, большая вязкость, высокое сопротивление длительным сотрясениям и частым ударам. Рост потребления молибдена за последние годы как раз и объясняется усиленным его применением в валах, шатунах, опорных механизмах, авиамоторах, трубах, применяемых в авиастроении, особенно в соединении с хромом и никелем.

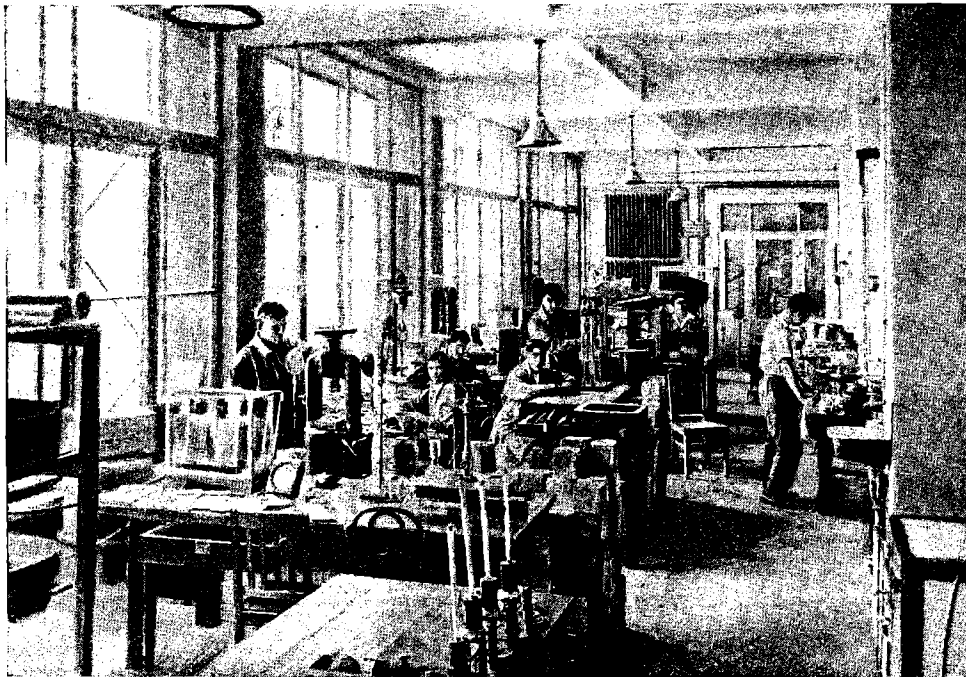
Другой вид потребления молибдена — высококачественное литье из серого чугуна. Ничтожная прибавка в 0,25% молибдена повышает физические свойства чугуна, в частности сопротивление на изгиб, растяжение и твердость.

Вольфрам и молибден в виде тонкой проволоки идут также в значительном количестве в электротехнике для вакуумных ламп. Из вольфрама готовят нити накаливания ламп. Температура плавления вольфрама 3350° , наивысшая из температур плавления металлов. Только углерод, единственный из элементов, плавится при еще более высокой температуре — при 3500° . К вольфраму, близки по температуре плавления два элемента: тантал (3030°) и рений (3160°). Из молибдена, тем-



Вольфрамовые контакты проверяются в особой лаборатории.





Лаборатория по испытанию физических свойств минералов.

пература плавления которого 2600° , делают крючки, поддерживающие раскаленный волосок.

Мы видим, что мало открыть элемент, — его надо изучить, открыть в нем то качество, которое особенно ценно в изделиях, и тогда элемент как бы вторично открывается и делается полезным и необходимым. Вот, например, вольфрамовые контакты в автомобильных моторах, где тонкая, в десятую миллиметра, пластиночка из вольфрама обеспечивает электрический контакт в прерывателе, работая безотказно сотни часов.

Разве не поучителен также пример с ниобием? Ниобий считался бесполезным элементом, «загрязняющим» тантал, с которым он обычно вместе встречается. Но когда открыли, что сталь с примесью ниобия — великолепный сварочный материал для электросварки стальных изделий, дающий небывалую прочность шва, ниобий стал дороже и нужнее тантала.

Вовлечение всё новых элементов в промышленность, конечно, далеко не кончено, да и никогда не будет кончено, так как поступательное движение технического прогресса безгранично. И химикам и геохимикам здесь принадлежит почетная роль.

Но каково же, однако, влияние технического прогресса на землю, которая является поставщиком всех веществ, необходимых технике? Человек по-своему стремится перековать земную кору, черпает из нее всё, что ему нужно, не думая о том, что то, что он берет, уже невозвратно. Не истощает ли человек землю?





Вот вопросы, которые приходят в голову, когда мы следим за общим развитием человечества на земле. И есть еще одно обстоятельство, которое побуждает поставить этот вопрос: это всё увеличивающиеся количества полезных продуктов, извлекаемых ежегодно из земных недр.

Мне вспоминается рассказ одного инженера, побывавшего на горных разработках. Он остановился в домике около большой горы из магнезита, а через две-три недели горы уже не было: она была свезена на цементный завод.

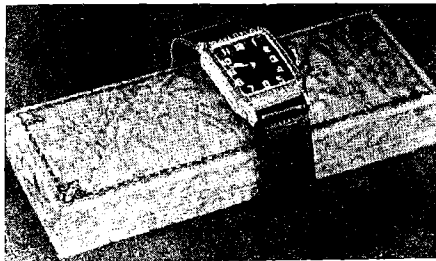
Стоит только посмотреть на горы шлаков, выбрасываемых нашими металлургическими заводами, чтобы понять, что человеческая деятельность — геологический фактор, преобразующий земную кору.

Одна из самых важных проблем мирового химического хозяйства — судьба углерода, в которую человек особенно энергично вмешался. Углерод распространен в природе в трех формах: в виде живого вещества, в виде скоплений угля и нефти в поверхностной зоне земной коры и в окисленном виде — в виде углекислоты, находящейся в атмосфере, в водах рек и океанов. Но более всего углекислоты в соединении с кальцием в твердых известняках.

В атмосфере содержится свыше двух тысяч миллиардов тонн углекислоты и, следовательно, 600 миллиардов тонн углерода. Человек добывает ежегодно свыше миллиарда тонн угля и 200 миллионов тонн нефти. И то и другое он сжигает, превращая углерод в углекислоту. Таким образом, в атмосферу поступает ежегодно свыше трех миллиардов тонн углекислоты, и через двести-триста лет ее количество должно



Клеймакс — месторождение молибдена в Колорадских горах. Направо — обогатительная фабрика.



Ниобий в оправе часов.

миллиарда тонн железа и изделий из него, причем металл находится в неустойчивой форме самородного металла и окисляется.

Окисление обесценивает почти столько же железа, сколько его добывается за этот срок, так что накопление железа не может победить его распыление.

С золотом картина несколько лучше: за год его уходит на реактивы, на позолоту и распыляется на износ около тонны, то есть много меньше, чем добывается (около 600 тонн).

Но такие металлы, как свинец, олово, цинк, добываются человеком из случайных природных скоплений в земной коре — так называемых месторождений — лишь для того, чтобы в процессе использования их безвозвратно рассеять.

Сельскохозяйственная и инженерная деятельность человека также носит масштабы, соизмеримые с тем, что дают стихийные процессы.

Огромное геохимическое значение имеет переработка верхнего слоя земли, или почвы, для нужд сельского хозяйства, так как свыше трех тысяч кубических километров земли ежегодно делаются доступными энергичному воздействию атмосферных вод и воздуха.

Вместе с культурными растениями выносятся из почвы громадные количества минеральных веществ: фосфорного ангидрида — 10 миллионов тонн, азота и калия — 30 миллионов тонн. Эти цифры во много раз больше того, что вносится в почву при ее удобрении. Извлекаемые элементы попадают в круговорот в животном мире и в конце концов рассеиваются.

В итоге человек производит сельскохозяйственной и технической деятельности. Ежегодно во всех горных выработках добывается свыше одного кубического километра пород. Если вспомним еще постройку плотин, ирригационных каналов и прочее, то эту цифру надо удвоить, а может быть, и утроить.

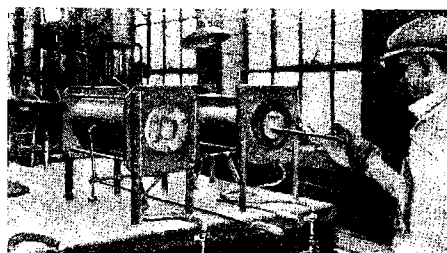
Количество шлаков, выливаемых из всех металлургических печей мира, тоже достигает, вероятно, кубического километра. А сколько

было бы удвоиться, если бы не было встречных процессов: растворения в океане и поглощения растениями.

Используя углерод угольных слоев, человек способствует распылению и рассеянию этого элемента, и притом в столь значительных масштабах, что его деятельность принимает размеры настоящих геологических преобразований.

Не менее властно человек вмешивается и в судьбы металлов: в своем обращении он имеет около

распыление вещества в своей сель-



Печь для получения металлического молибдена.

отбросов химической промышленности выносятся человеком на поверхность земли!

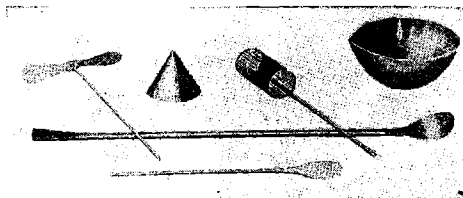
Если сравнить эти цифры с 15 кубическими километрами осадков, уносимых ежегодно с земной поверхности всеми реками, то придется признать, что человеческая деятельность может быть признана таким же серьезным фактором, как и деятельность рек.

А строительное искусство, — сколько камней и цемента тратится ежегодно! В одной Англии, по статистике 1913 года, все дома весили около полумиллиарда тонн.

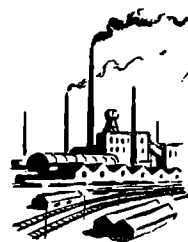
Преобразование природы человеком идет во всё более возрастающем темпе. Если исходить из общих запасов металлов в земле, то они велики, и об их истощении говорить пока не приходится. Но эти запасы далеко не все могут быть использованы, так как практически промышленность может брать только богатые скопления того или иного металла. А их не так много.

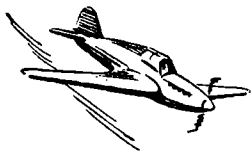
По многим металлам реальные запасы едва обеспечивают требования промышленности. Поэтому целые армии геологов-поисковиков и геохимиков должны напряженно искать металлы, чтобы обеспечить всё растущие запросы промышленности.

И чем больше мы уделим внимания этим вопросам, тем скорее наша Родина получит в изобилии редкие и ценные металлы, необходимые для расцвета ее могущества и славы.



Танталовая химическая посуда. Столь же устойчива, как и платиновая, но дешевле.





Для нашего времени характерны войны, в которые втягивается всё хозяйство воюющих стран. Впервые это обнаружилось с особой силой в первую империалистическую войну. Взрывчатые вещества, сталь, медь, селитра, толуол, нефть, черный металл начали влиять на судьбы военных операций. Боеспособность армий в значительной степени стала зависеть от обеспеченности сырьем.

Сражение при Вердене в 1916 году, длившееся несколько месяцев, показало новые масштабы расходования сырья. Немцы истратили около миллиона тонн железа и стали в неудачных атаках на гарнизон, оборонявший крепость Верден, превратив поля и подземные сооружения укрепленного района в целое «месторождение» стали.

Количество сырья, принимавшего участие в сражениях, стало расти в грандиозной пропорции.

Потребность в цементе для германской армии в 1917 году, когда она, зарывшись в окопы, перешла к позиционной борьбе, достигла почти всего годового производства цемента в Германии.

Потребность в соединениях азота, в серной кислоте для производства взрывчатых веществ, в июле превзошла в несколько раз производственную мощностъ всех имевшихся в Европе заводов. Чаша весов военного счастья колебалась то в ту, то в другую сторону.

К концу 1917 года во Франции оставалось стали лишь на неделю, взрывчатых веществ почти не было. Англия стояла перед кризисом угля и хлеба. Подводные лодки немцев топили английский торговый флот, и голод угрожал десяткам миллионов людей, а запасов продовольствия и сырья оставалось на считанные недели.

Но и у Германии сырье было исчерпано еще в большей степени, чем у ее противников. Резервов цветных металлов больше не было. Лома и металла, собиравшегося на полях сражений, нехватало.

Отсутствие сырья грозило катастрофой, приближавшейся быстрыми темпами. Когда в марте 1918 года немцам неожиданным ударом удалось прорвать западный фронт, занять Амьен, перед ними, в сущности, открылась дорога на Париж, до которого оставалось всего 120 километров.

Однако армия оказалась парализованной: не было резины, и не было бензина; снежная метель не позволяла механизированному транспорту перемещаться на «полуживых», оборванных каучуковых шинах;

прекратился подвоз продовольствия и снарядов. Армия остановилась. Участь Германии была решена. Ресурсы Германии, ее материальные и моральные силы истощились прежде, чем у ее противников, и Германия была побеждена. Таковы уроки первой империалистической войны.

Да, сырье, стратегическое сырье во всей грандиозности и сложности проблемы сделалось важной задачей всех стран, и особенно агрессоров, еще задолго до начала второй мировой войны! Возникла огромная литература, раскрывшая перед нами целый мир новых и сложных проблем, в которых переплетаются экономика и геология, техника и металлургия.

Можно насчитать свыше двадцати пяти видов стратегического сырья: это железо, алюминий, магний, цинк, медь, свинец, марганец, хром, никель, мышьяк, сурьма, бор, молибден, вольфрам, нефть, уголь, каучук, азот, сера, серный колчедан, графит, калий, иод, фосфаты, асбест и слюда. К этому перечню необходимо прибавить еще и уран.

И вот еще до второй мировой войны началась борьба за сырье. Америка стала развивать производство нужных ей металлов. Германия, наоборот, законсервировала ряд своих месторождений, считая их глубинными фондами. Она, например, прекратила добычу собственного серного колчедана, сохраняя его на случай войны, а колчедан стала усиленно вывозить из Испании.

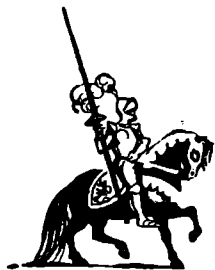
Германия провела ряд мер по подготовке к эксплуатации своих бедных железных руд (однако сильно марганцовистых), но разрабатывать их не стала. Бросая все свои валютные фонды, Германия за предвоенное пятилетие усиленно ввозила сырье: она ввезла марганцевых руд в пять раз больше, чем за десять лет до этого, скупала в огромных количествах вольфрам, молибден, ввезла большое количество нефтепродуктов. На нефть были затрачены миллиардные суммы. Военная промышленность Германии после первой империалистической войны быстро восстанавливалась благодаря английским и американским капиталам.

Наконец, Германия провела целый ряд мероприятий по захвату рынков сырья в союзных и соседних странах — возможных источников для покрытия дефицита во время самой войны. Как это делалось, показывает следующий пример. Сразу после первой империалистической войны Германия приобрела медное месторождение Бор в Югославии, подчинив его немецкому капиталу и направив туда своих немецких инженеров. Германия подготовила для себя это замечательное месторождение, которое во время войны должно было удвоить снабжение страны медью, увеличив его на 35 тысяч тонн меди в год. Однако во время войны это предприятие было в значительной части разрушено, и фашистской Германии не удалось воспользоваться его запасами.

Каковы масштабы потребностей в сырье, можно видеть из таких примерных расчетов. Скажем, для современной армии в 300 дивизий, то есть в 6 миллионов человек механизированных и моторизованных войск, требуется¹ для года войны 30 миллионов тонн железа и стали, 250 миллионов тонн угля, 25 миллионов тонн нефти и бензина, 10 мил-



¹ Эти строки написаны в 1940 году.



лионов тонн цемента, 2 миллиона тонн марганца, 20 тысяч тонн никеля, 10 тысяч тонн вольфрама и много еще других веществ.

Вдумаемся в эти грандиозные цифры и попробуем их осмыслить. Что такое 30 миллионов тонн стали? Чтобы их выплавить, надо не менее 60—70 миллионов тонн руды, то есть нужно выработать несколько крупных месторождений.

Еще значительнее цифра для нефти — 25 миллионов тонн, причем эта цифра скорее преуменьшена, так как механизация армии и тыла, воздушный и морской флот пожирают огромное количество самых разнообразных нефтяных продуктов. Румыния в годы максимального подъема давала до 7—8 миллионов тонн, Иран может давать в год 10—11 миллионов тонн.

Помимо указанных видов сырья, для войны требуется огромное количество каучука, цветных металлов, строительного леса, асбеста, слюды, серы и серной кислоты и масса других веществ.

Но не только масштабы использования сырья, — эти масштабы становятся фактором геохимического перераспределения металлов, — другая новая черта характеризует современную военную технику. Это огромное расширение ассортимента веществ, принимающих прямое или косвенное участие в бою, переоценка основных и решающих видов стратегического сырья, внедрение сотен и тысяч новых продуктов, соединений и сплавов.

Вместо железной кольчуги или доспехов и лат средневековых рыцарей, вместо железа и стали — в недавнем прошлом почти единственных металлов войны, — сейчас на арену боя вступили новые силы земли, новые химические элементы и их соединения, редчайшие металлы и особенно «черное золото» — нефть.

В ряде случаев именно они определяют успех военных операций.

Вот идет бой между танковыми частями. Хром и никель, марганец и молибден вызывают устойчивость брони, ванадий и вольфрам, молибден и ниобий входят в состав наиболее ответственных частей машин — осей, передач, гусениц; хромовые краски со свинцом окрашивают танки в защитный цвет; особое стекло с бором, поляроидные стекла с соединениями иода позволяют водителю видеть противника, несмотря на ослепительный свет прожекторов и фар. Отдельные, менее ответственные части боевой машины сделаны из дюраля и силумина — сплава алюминия и кремния.

Высокого качества бензин, керосин, легкая нефть, лучшие смазочные масла, получаемые из нефти, определяют жизненность машины и скорость ее движения, а соединения брома улучшают стогорание и частично ослабляют шум моторов.

Около тридцати химических элементов участвует в строении броневой машины. Но еще сложнее ее химия, если мы учтем состав ее вооружения: сурьма, металлическая и сернистая, — в шрапнелях и гранатах; свинец, олово, медь, алюминий и никель — в снарядах, бомбах, патронах и пулеметных лентах; особо хрупкая сталь, готовая к разрыву; сложный набор взрывчатых веществ. Они получены из нефти и угля как продукты их переработки и являются новыми соединениями огромной взрывной силы.

В столкновении броневых машин и танков участвуют десятки тысяч тонн металла и различных химических веществ, и руководители боя,





Химические элементы в военной технике.



танкисты, водители машин руководят химическими реакциями огромного масштаба, страшными по своей разрушительной силе, с механическими давлениями, измеряемыми сотнями тонн на единицу поверхности.

Между тем даже разрушительные лавины вызывают давление максимум в 10—15 тонн на квадратный метр, — ничтожная цифра по сравнению с мощностью воздушной волны от взрыва фугасной бомбы! Чем мощнее брзня, чем выше октановое число бензина, чем разрушительнее сила взрывчатых веществ, тем больше преимуществ у воюющего.

Попробуем дать химический анализ ночной бомбежки современного большого города.

Летит эскадрилья бомбардировщиков и истребителей в темную осеннюю ночь, — алюминиевые коршуны весом в несколько тонн из сплавов алюминия — дюралья, силумина. За ними несколько тяжелых машин из специальной стали с хромом, никелем, с прочными спайками из лучшей ниобиевой стали; ответственные части моторов — из бериллиевой бронзы, другие части машин — из электрона, сплава магния с медью, цинком и алюминием. В баках — или особая легкая нефть, или лучшие, чистейшие сорта бензина, с самым высоким октановым числом, ибо оно обеспечит скорость полета.

У штурвала — летчик с картой, покрытой листком слюды или специального борного стекла. Ториевые и радиевые светящиеся составы зеленоватым светом освещают многочисленные счетчики и указатели, а внизу, под машиной, висят легко сбрасываемые специальным рычагом авиационные бомбы из легко разрывающегося металла с детонаторами из гремучей ртути и гирлянды зажигательных бомб из порошка алюминия, магния и окиси железа.

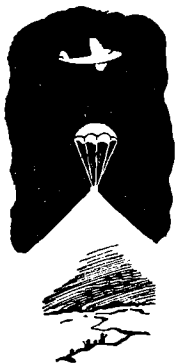
То приглушая мотор, то вновь запуская его на полный ход, так что от шума пропеллеров и моторов эскадрилья дрожат дома и звенят стекла, коршуны противника спускают на парашютах осветительные ракеты.

Мы видим сначала красивое желтое пламя медленно спускающегося факела-люстры: это горит специальный состав из угля, бертолетовой соли и солей кальция.

Но свет постепенно делается более ровным, ярким и белым, — загорается порошок магния, спрессованный с особыми составами, порошок того магния, который мы так часто зажигали для фотографической съемки, магния с примесью солей бария, сообщающих пламени зеленоватый оттенок.

Но не дремлет и оборона города. На тонких стальных тросах, мешая движению пикирующих самолетов, колеблются защитные шары, наполненные водородом. В ответственных случаях употребляется также и газ гелий. Улавливая звуки моторов, особые слухачи при помощи звуковых дальномеров даже сквозь тучи и туман определяют положение налетевшего самолета и автоматически выбрасывают навстречу мигающие желтовато-красные звездочки, то вспыхивающие, то потухающие, с рядом ослепительных составов, в которых соли кальция играют особую роль.

Десятки ярких лучей прожекторов вонзаются на несколько километров во тьму неба. Золото и палладий, серебро и индий — вот те металлы, отблески которых сверкают на пойманных и бьющихся в ослепительных лучах дюралюминиевых вражеских птицах. Угли электри-



ческих ламп прожекторов пропитаны солями редчайших металлов, названных редкими землями. Английские ученые приписывают особую интенсивность лучей своих прожекторов, пронизывающих туманы Лондона, солям тория, циркония и некоторых других специальных металлов.

Вот к свету ослепительной люстры, подвешенной на парашюте, присоединяется дымовая завеса. Совершая восьмерки над освещенным районом и выбрав место удара, самолет противника из особого снаряда выпускает ленту дымовой завесы из солей титана или олова, намечая для бомбардировщиков район пикировки.

Но уже брошены против ослепительного света магниевых люстр тысячи красных и красно-желтых трассирующих пуль — защитников города. Их яркие вспышки мешают летчику разбираться в обстановке. В лучах солей кальция и стронция он теряет ориентировку, ослепляется лучами прожекторов и бросает бомбы куда придется. Сотнями разбрасывает он на мирные дома зажигательные бомбы в алюминиевой коробке с начинкой из порошка металлических алюминия и магния, с особым окисляющим веществом, с детонатором из гремучей ртути в головке, иногда с небольшим количеством битума или нефти для быстреего зажигания. Нажимом рычагов срываются с петель фугасные бомбы, воздушная волна от разрывов которых производит еще большие разрушения, чем бронебойный снаряд тяжелых орудий морской артиллерии.

Заговорили зенитки, следящие за пикирующим полетом коршуна. Шрапнели и осколки зенитных снарядов осыпают вражеский самолет. И снова хрупкая сталь, сурьма и взрывчатые вещества из угля и нефти вводят в действие разрушительную силу цепных химических реакций. Эти реакции, которые мы называем взрывом, протекают в тысячные доли секунды, создавая колебательные движения и механические удары огромной силы.

Удачный выстрел. Пробито крыло налетевшего коршуна, и тяжелым грузом, с остатками бомб, летит он на землю. Взрываются бензиновые и нефтяные баки, рвутся несброшенные снаряды, сгорает и превращается в кучу бесформенного металла многотонный бомбардировщик.

«Фашистский самолет сбит», — гласит краткое сообщение прессы.

«Сильнейшая химическая реакция закончена, и химическое равновесие восстановлено», — можно сказать языком химии.

«Еще один удар по фашистской своре, по ее технике, живой силе и нервам», — говорим мы.

Свыше 46 элементов участвует в воздушном бою, более половины всей Менделеевской таблицы.

Но я не закончил еще своих химических картин борьбы. Борьба идет не только на полях сражений, она неразрывно сливает тыл с фронтом, вовлекая все отрасли промышленности в обслуживание нужд армии. Далеко в тылу сернокислотный завод — основной нерв промышленности взрывчатых веществ. Длинной цепочкой тянулись такие заводы в Рейнско-Вестфальской области в Германии, и столько же их было разбросано на бывших границах с Польшей.

Сотни тысяч тонн колчедана, богатого серой, нужны для сернокислотного завода. Специальные кислотоупорные сооружения сделаны то из свинца, то из ниобиевых сплавов. Кислотоупорные лавы, чистейшее кварцевое сырье, тончайшие катализаторы из ванадиевых или платино-



вых металлов — это только небольшая часть того огромного и сложного химического хозяйства, без которого не может жить ни один серно-кислотный завод как боевая единица химического производства, дающая серную кислоту для взрывчатых веществ, селен для фотоэлементов и медь и золото в своих отходах.

А вот мастерская для приготовления снарядов. Обточка стальных болванок требует твердых резцов из вольфрамовой или молибденовой самозакаливающейся стали. Лучшие сорта наждака, корундовой пыли, тончайшего оловянного порошка, хромового или железного крокуса нужны для полировки наиболее ответственных частей. Никель, медь, бронза, сплавы алюминия идут на отдельные части.

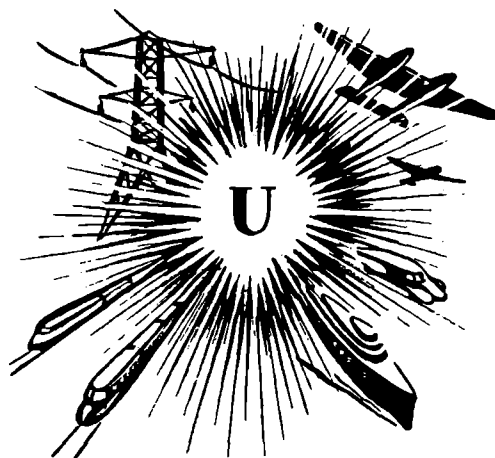
Когда снаряд готов, начинается новый этап его химического вооружения: его подготовка к взрывной химической реакции, его начинка химическими соединениями. Сколько нужно самых различных веществ, чтобы бесперебойно работала мастерская или завод, чтобы точной была обточка артиллерийского снаряда, бомбы или мины, чтобы безошибочно работала ударная головка или расположенный в мине часовой механизм!

Но победа готовится не только на военных заводах, в мастерских и на фабриках военного снаряжения; она куется во всей стране в бесперебойной работе всего народа, начиная от рабочих у станка, с колхозников у трактора или комбайна и кончая ученым в лаборатории. Не забудем исторических слов, сказанных В. И. Лениным в 1919 году:

«Побеждает на войне тот, у кого больше резервов, больше источников силы, больше выдержки в народной толще».

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

**ПРОШЛОЕ
И БУДУЩЕЕ
ГЕОХИМИИ**



ИЗ ИСТОРИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИДЕЙ

Мне не хотелось бы, чтобы читатель думал, что сейчас нам уже всё ясно, всё известно, что все элементы открыты... не хочу, чтобы показалось, что легко дались наши знания, что наука о химии вещества выросла сама собой, без борьбы и исканий, без упорных и долгих трудов.

Нет, друзья, — прошлое науки учит, что многие сотни лет за ее истины боролись тысячи людей, ошибались, искали новых путей, работали днями и ночами в подземельях лабораторий, боролись против невежества, гнета церкви и монастырей, боролись за понимание природы.

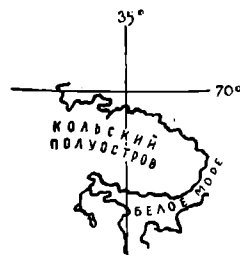
И далось это понимание не сразу.

Как-то, помню, стояли мы на берегу озера Вудъявр на Кольском полуострове. Перед нами был город, к нему вела шоссейная дорога, по которой то и дело проезжали автомобили. И я лишь с трудом мог вызвать в своем воображении картину дикой и неприветливой тундры, почти безжизненной, холодной, как я ее видел в первый раз, всего десять лет тому назад.

Приезжий, который видел перед собой теперь людной город, шоссе, грузовики — край, обжитый людьми, не мог представить себе, что еще недавно здесь была глухая тундра. И думал ли он о тех исследователях, которые всего несколько лет тому назад брели здесь по заброшенным тропам в поисках руд и минералов? И о том, каких подчас тяжелых лишений и трудов стоило разведать богатства, скрытые в суровой тундре, чтобы вызвать к жизни этот край?

Так и в науке: изучая достижения современной научной мысли, глядя с завоеванных вершин на заманчивые перспективы ближайшего будущего, мы забываем о том, как трудно, медленно, с жертвами и лишениями были расчищены дремучие леса невежества и незнания.

Наука, которую мы называем геохимией, — это история химических элементов нашей планеты. Она могла окончательно сформироваться лишь в новейшее время, когда не только понятие об атомном строении материи стало реальностью, но когда наука глубоко проникла в строение атома и в основных чертах выяснила его структуру. Но какую силу мысли надо было иметь, чтобы, как русский ученый М. В. Ломоносов, быть совершенно уверенным не только в существовании атомов, но и в том, что они имеют свою внутреннюю структуру, которая опре-



деляет их свойства, или, как английский врач Вильям Прут, предположить, что все элементы состоят из первичной материи — водорода.

Еще резче эту мысль выразил астроном Джон Гершель: «Тождество всех атомов одного и того же вещества друг другу придает им характер сфабрикованного предмета и исключает мысль об их вечности и независимости существования».

От единства качеств к единству эволюции — таково изумительное предвидение величайших ученых, привыкших к строгому и последовательному мышлению.

История геохимии, в своих основах рождающаяся из минералогии, не только не написана, но для нее даже не собран первичный материал.

А между тем нет интереснее задачи, чем попытаться отыскать в глубинах веков у греческих философов или арабов первые идеи современных представлений о минерале и его составе.

Возникновение современной геохимии относится к началу XX столетия. Однако, в широком смысле, геохимические идеи, рассматривавшие понятие химического элемента, касавшиеся химического состава минералов и признаков отыскания руд и полезных минералов, существовали и развивались в течение последних трех-четырех столетий.

И вот, заглядывая в предисторию современной геохимии, прежде всего приходится упомянуть об алхимиках, этих страстных искателях богатства и тайн природы, которые своей работой заложили прочный фундамент современной химии.

Обыкновенно под алхимией понимают искусство делать золото из различных других металлов. Действительно, средневековые алхимики преимущественно занимались поисками способа превратить обычные металлы в серебро или золото. Однако они решали не только эти задачи. Алхимики главным образом занимались синтезом, то есть пытались получать новые вещества из уже известных. Они занимались также поисками целительных средств и «философского камня».

Алхимики принесли огромную пользу развитию химии, так как они производили бесконечное количество разнообразных опытов, и ими был собран огромный материал по химическому познанию земель, солей и металлов.

К сожалению, алхимики часто маскировали свои рецепты нелепыми и подчас трудно понимаемыми аллегориями.

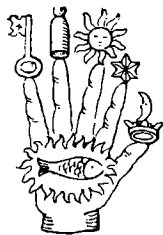
Вот, например, «философическая рука алхимиков». Вы видите на ладони рыбу, символ ртути, и огонь, символ серы. Рыба в огне — ртуть в сере, — по мнению алхимиков, первоисточник всех видов вещества.

Из соединения этих элементов, как пальцы из ладони, возникают пять главных солей, знаки которых стоят над пальцами: корона и луна — символ селитры; шестиконечная звезда — железный купорос; солнце — нашатырь; фонарь — символ квасцов; ключ — кухонная, или поваренная соль.

Теперь понятно, что когда алхимик писал: «взяв короля, его надо прокипятить...» — он имел в виду селитру, а кладя в реторту «фунт длинного пальца», он думал о нашатыре...

Как видно, часто ухищрения алхимиков были очень нехитры.

Несмотря на то что их исходные мысли были неверны, они добились крупных результатов.



И это потому, что появилась наука, которая заговорила языком фактов.

Так, Бранд думал, что жизненная сила организма позволяет превращать один металл в другой. Эту жизненную силу он искал в моче животных, что и привело его, как известно, к открытию фосфора.

Очень хорошо писал об алхимиках известный философ Лейбниц: «Это обыкновенно люди большого воображения и смелые экспериментаторы, но у них несогласие между воображением и опытом. Они питаются чистыми надеждами, что доводит их до гибели или, в лучшем случае, выводит на всеобщее посмешище. А на деле такие люди нередко знают из опыта и наблюдений природы больше фактов, чем иной уважаемый ученый».

Несомненно, поиски руд, обработка их и получение металлов и сплавов служили постоянным возбудителем мысли об условиях совместного нахождения химических элементов. Возникшие при этом обобщения о любви и ненависти между различными веществами были первыми геохимическими законами, не потерявшими своего значения и до сих пор.

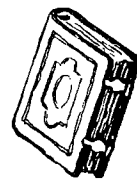
И минералогия и минералы изучались именно с этой, прикладной целью, так как науки о полезных ископаемых тогда еще не существовало.

Особый интерес в этом отношении представляют своеобразные трактаты арабских, а позднее и испанских мыслителей, связанные с вопросами горного дела. В них мы находим указания на сосуществование отдельных минералов в природе. Так, Лука Бен-Серапион в своем сочинении «Книга о камнях», напечатанном в XVI веке, говорит о том, что «попадают камни, кои встречаются вместе с другими, камни, кои от других бегут, камни, которые другим изменяют, равно как камни, кои другие окрашивают».

Геохимические идеи XVIII века получили яркое выражение в работах «О слоях земных» и «Слово о рождении металлов от трясения земли» гениального русского ученого М. В. Ломоносова (1711—1765). Ломоносов впервые устанавливает важнейший факт минералогии, что металлы и минералы живут, участвуют в процессах неорганической природы, исчезают, изменяются в другие. «Металлы с места на место переходят» — был его гениальный вывод. Он заложил фундамент новому, динамическому представлению о минерале как о продукте, получаю-



Великий русский ученый М. В. Ломоносов.



1841 г.

шемся в результате жизни земной коры, представлению, которое в XX столетии легло в основу новой науки — геохимии.

Ломоносов рассматривает атомы не как умозрительное философское понятие, а как реально, в природе существующие тела, только столь малые, что они раздельно не могут подействовать на наши органы чувств. Он их метко назвал «нечувствительные частицы».

Химия, по мнению М. В. Ломоносова, невозможна без познания атомов и молекул, и в ряде своих сочинений он возвращается к этой мысли. Мало того, он вполне уверен, что они имеют сложную внутреннюю структуру, которая и определяет их свойства. «Во тьме должны обращаться физики, а особливо химики, не зная внутреннего нечувствительных частиц строения. Но ежели когда-нибудь сие таинство откроется, то подлинно химия тому первая предводительница будет, первая открывает завесу внутреннего сего святилища натуры...»

Через сто лет после Ломоносова, в 1841 году, было впервые названо слово «геохимия» швейцарским химиком Шёнбейном (1799—1868), который писал:

«Уже несколько лет тому назад я публично высказал свое убеждение, что мы должны иметь геохимию, прежде чем может идти речь о геологической науке, которая ясно должна обращать внимание на химическую природу масс, составляющих наш земной шар». Итак, более ста лет тому назад впервые было установлено понятие геохимия.

И здесь история науки нам рассказывает, как новый успех и новое понятие создались в результате предшествующего развития мысли.

В словах М. В. Ломоносова мы видим прозорливое понимание роли химического процесса, — его внимание привлекали не застывшие системы элементов, слагающие землю, а вечно меняющаяся жизнь земли в целом.

Для того чтобы широкие химические закономерности могли быть надежно обобщены в геохимические законы, чтобы они из гениальных догадок превратились в твердо установленные и проверенные научные обобщения, потребовалась длительная и кропотливая работа над фактами.

И огромная заслуга в этом направлении принадлежит великому русскому ученому Дмитрию Ивановичу Менделееву (1834—1907), который открытием закона периодичности свойств химических элементов поставил на реальную основу до тех пор бесплодную мысль о единстве строения всей вселенной.

Д. И. Менделеев как ученый-химик начинает свою деятельность в пятидесятые годы XIX столетия, когда стала энергично развиваться русская промышленность. И Менделеев, горячо любя свою родину, не отгораживается от практики, а занимается ею со всей присущей ему энергией.

Он пишет об использовании нефти, ее запасах и происхождении, находит состав бездымного пороха, раскрывая французский секрет, изучает возможности развития железной промышленности. Важнейшим достижением в области теоретической химии безусловно было открытие периодического закона, давшее Менделееву мировую известность.

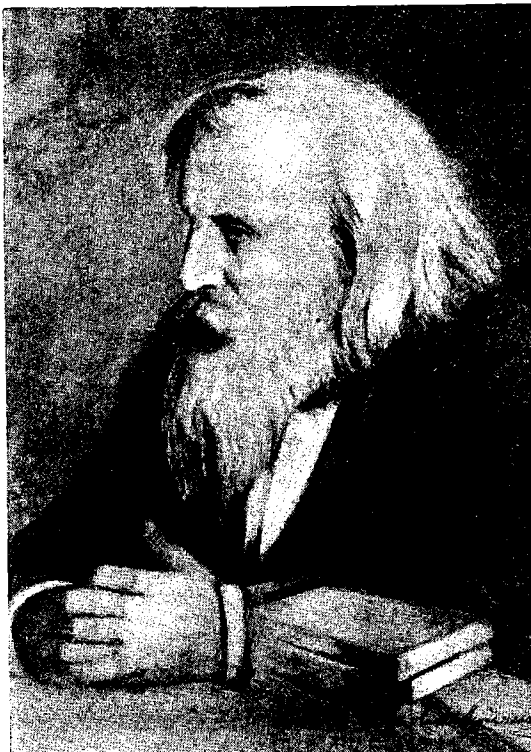
Периодический закон сразу же указал новые пути развития химии, и потому он получил немедленное признание и принес Д. И. Мен-

делееву мировую известность и славу. Менделеев предсказал новые химические элементы, исправил атомные веса и дал правильные формулы многих химических соединений.

Менделеев первый уподобил атомы небесным телам — звездам, солнцу и планетам — и предположил, что строение атома сходно со строением небесных систем, вроде солнечной или системы двойных звезд. Для геохимии периодический закон явился той основой, на которой сделалось возможным систематическое изучение законов сочетания химических элементов в природных условиях.

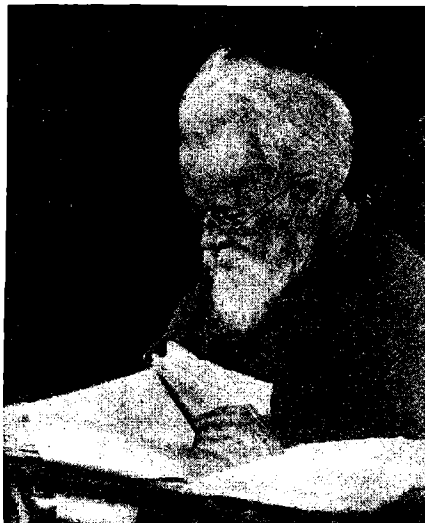
В 1908 году в Америке Ф. Кларк опубликовал свою работу «Data of geochemistry» («Данные о химии земли»). Кларк 36 лет занимался сбором химических анализов пород и минералов и в своей книге, критически переработав значительный фактический материал, сделал обобщающие выводы о среднем химическом составе различных земных пород и всей земной коры в целом. Но Кларк не рассматривал свои данные как основу для изучения земных процессов в целом. Мысль, что окружающая нас природа — часть вечно работающей лаборатории вселенной, где не только физические силы, но и сложные явления жизни и деятельности хозяйствующего человека вызывают постоянную смену разнородных реакций, где на каждом шагу идут и наблюдаются химические преобразования космоса, принадлежит русским ученым.

* Она впервые прозвучала в 1912 году в Москве, где в Народном университете имени Шанявского молодой профессор А. Е. Ферсман начал читать курс новой науки — геохимии. Он говорил: «Мы должны быть химиками земной коры. Мы должны изучать не только распространение и образование минералов, этих временно устойчивых комбинаций элементов, мы должны изучать и самые элементы, их распространение, их переходы, их жизнь». «Надо научиться читать физическую и химическую жизнь земли в формулах новой физики и новой химии и геологические и геохимические судьбы земли и мироздания пересказывать не языком старой описательной науки, а единым, общим для всего естествознания языком законов атома».



Д. И. Менделеев. (С портрета работы его жены, Анны Ивановны Менделеевой.)





Академик В. И. Вернадский.

территорий (геохимическая география) и установило связи между геохимией и процессами жизни (биогеохимия).

Академик В. И. Вернадский, выдающийся русский минералог и геохимик, родился в 1863 году. Научная деятельность Вернадского очень разнообразна и широка.

Особенно важными являются его исследования о силикатах, составляющих подавляющую массу земной коры, и об углероде, элементе, составляющем основу живого вещества. Им была создана особая ветвь геохимии — биогеохимия.

Основы геохимии были блестяще намечены академиком В. И. Вернадским в 1924 году в его «Очерках геохимии», многократно переведенных на иностранные языки.

Всесторонне изучая явления радиоактивности, В. И. Вернадский, вместе с академиком В. Г. Хлопиным, создали Радиевый институт, где была разработана точная методика определения возраста горных пород по свинцу и гелию и были проделаны многочисленные определения возраста русских горных пород. Академик В. И. Вернадский очень много сделал для планомер-

Большое влияние на развитие геохимии оказали также норвежские ученые Фогт и В. Гольдшмидт. Гольдшмидт заложил основы современной кристаллохимии и сделал особенно много в области изучения геохимии глубоких оболочек земной коры.

Современное содержание геохимии как науки, изучающей историю атомов в земной коре и во всей вселенной, внесено в нее настойчивыми трудами русских ученых — главным образом, академиков В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана, которых и следует считать основоположниками этой науки в современном смысле этого слова.

Геохимия получила в трудах русских ученых многостороннее развитие и наравне с теоретическими проблемами выдвинула ряд чисто практических задач. Это течение положило начало геохимическому изучению отдельных



Академик Н. С. Курнаков.



ного и детального изучения природных богатств нашей Родины. Под его редакцией опубликованы многочисленные труды из серии «Естественные производительные силы России». В. И. Вернадский умер в 1945 году.

За последние десять-пятнадцать лет геохимические идеи высказываются всё большим и большим кругом ученых, и геохимия получает широкое развитие. Геохимию солей интенсивно изучал академик Н. С. Курнаков со своей школой. Миграцией элементов в крови животных (медь, ванадий) занимался Я. В. Самойлов.

Ученик В. И. Вернадского, автор этой книги академик А. Е. Ферсман (1883—1945) был выдающимся русским минералогом и одним из основоположников геохимии, с именем которого тесно связана современная геохимия.



Академик А. Е. Ферсман.

В период 1933—1939 годов вышли из печати четыре тома «Геохимии» А. Е. Ферсмана. Это первая монография, стремящаяся осветить во всей полноте вопросы, которые должна решать геохимия. Автор настойчиво указывал, что, изучая химические природные процессы, вместе с поведением минерала необходимо изучать и поведение элементов, его составляющих.

«Если минерал есть только этап в длительном процессе, то не естественно ли взять за единицу в своих исследованиях не минерал, а те его составные части, те неизменяемые в наших обычных условиях тела, которые мы называем элементами? И от старой минералогии, с ее объектами исследования — минералами, мы переходим к молодой геохимии, единицами для которой являются химические элементы».

Ферсман дал блестящие примеры геохимического подхода к вопросам практики.

Начиная с 1921 года, в трудных условиях севера, А. Е. Ферсман организует экспедиции в Хибинские и Ловозерские тундры и открывает новую сокровищницу полезных ископаемых.

Вот как сам А. Е. Ферсман пишет об этих исследованиях: «Среди всех переживаний прошлого, среди разнообразных картин природы, человека, хозяйства, самыми яркими в моей жизни явились впечатления Хибин — целого научного эпоса, который почти двадцать лет заполнял все мои думы, силы, энергию, овладел всем моим существом, заострил волю, научную мысль, желания, надежды... Только упорством и упрямством, только огромной работой над Хибинами мы смогли добиться результатов в этой стране чудес, стране, которая, как в сказке, раскрывала перед нами свои богатства».

Многочисленные ученики В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана продолжают энергично развивать молодую советскую науку геохимию.*



КАК ДАВАЛИСЬ НАЗВАНИЯ ХИМИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТАМ И МИНЕРАЛАМ?

Вот вопрос, который всех нас должен интересовать. Ведь нелегко запомнить сотни и тысячи разных названий элементов, минералов, горных пород. А если бы узнать смысл каждого названия, пожалуй, запомнить было бы легче.



Может быть, кому-нибудь из читателей попадалась в руки моя книжка «Воспоминания о камне», где приводится шуточный рассказ о том, как давались названия новым минералам и новым станциям Кировской железной дороги. Особенно были высмеяны там старые железнодорожники, которые называли, например, станцию Африканда только потому, что они приехали туда в очень жаркий, как в Африке, день.

Другую станцию называли Титаном, хотя около нее нигде не было найдено ни следа руд этого металла.

Однако надо сознаться, что так поступали не только наши старые железнодорожники, так поступали и поступают химики и минералоги, когда открывают что-либо новое: каждый дает название, какое захочет, а между тем нам сейчас надо точно запоминать эти названия. Правда, что касается химических элементов, то их всего известно около сотни, которым и надо было придумать названия. Много сложнее в минералогии, где уже сейчас мы знаем около двух тысяч минералов, да каждый год открывается двадцать-тридцать новых видов.

Давайте же разберем сначала названия тех химических элементов, на которых построена вся химическая наука; из первых букв этих названий на латинском языке и составились химические значки: Fe (феррум — железо), As (арсеникум — мышьяк) и так далее.

Чаще всего и охотнее химики и геохимики называли вновь открытые элементы по названию той страны и города, где было сделано открытие или где впервые было найдено соединение данного вещества.

Для нас поэтому совершенно понятны такие названия, как европий, германий, галлий (от старинного названия Франции — Галлия), скандий (Скандинавия), их хорошо можно запомнить, но гораздо хуже с другими названиями, в которых использованы какие-либо древние наименования стран или городов. Иногда очень трудно догадаться, откуда произошли названия.

Так, когда в 1924 году в Копенгагене открыли новый элемент, его называли гафнием, по старому, никому не известному названию столицы

Дании. Подобным же образом дано название лютетию, который получил свое имя по старому названию Парижа. Металл тулий получил название от старого скандинавского названия Швеции и Норвегии.

Металл рутений, который был найден у нас в Казани химиком Р. Клауссом, получил свое имя в честь России, но, к сожалению, многие даже из опытных химиков не догадываются, что термин «рутений» означает «русский».

Очень интересно то, что произошло с одной полевошпатовой копью около Стокгольма в Швеции: пегматитовая жила Иттерби дала огромное количество новых элементов, и от ее имени получились названия: иттербий, иттрий, эрбий и тербий.

Очень много названий химических элементов дано было на основании их физических и химических свойств. Это казалось бы более рациональным, но такие названия делаются понятными и запоминаются лишь теми, кто хорошо знает старогреческий или латинский язык.

Так как целый ряд химических элементов был открыт на основании цветных линий в спектро스코пе, то они получили название по цвету этих линий — индий по синей линии, цезий по лазорево-синей, рубидий по красной, таллий по зеленой.

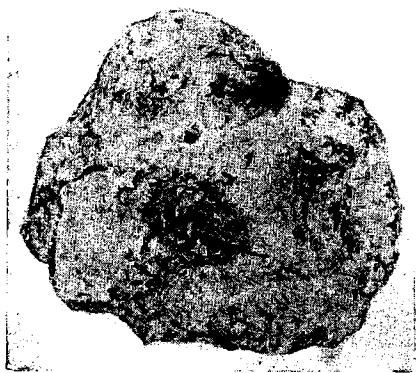
Другие элементы получили название по цвету своих солей, например хром — от греческого слова «цвет», благодаря яркой окраске хромовых солей, или иридий, благодаря пестрой картине переливчатых цветов солей этого металла.

Очень многие химики увлекались астрономией и называли элементы по планетам или звездам. Таковы названия урана, палладия, церия, теллура, селена и гелия. Только последнее название имеет еще более глубокий смысл, так как гелий (гелиос — солнце) был открыт впервые на солнце.

Еще большее количество имен дано было в честь богов и богинь древнего мира. Так, ванадий был назван в честь богини, кобальт и никель — вредные спутники серебряных руд — получили свои названия от злых гномов, якобы живших в саксонских рудниках.

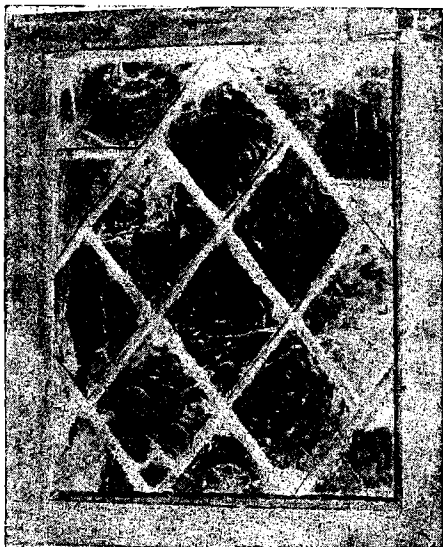
Названия: тантал, ниобий, титан и торий — без особо глубоких оснований были взяты из имен древней мифологии. Сурьма в средние века называлась антимуаном, что, всего вероятнее, происходит от греческого слова «цветы», так как кристаллы сурьмяного блеска группируются в пучки, напоминающие цветы сложноцветных растений.

Гораздо меньше внимания было уделено крупным мировым именам ученых исследователей. В честь русского профессора А. В. Гадолина назван минерал гадолинит, а по минералу — и элемент гадолиний. Название самария произошло от минерала, в котором он был открыт, — самарскита, названного так в честь полковника Самарского.



Минерал самарскит (черный).





Мусковит из Беломорья в старинной оконнице. Название от «Московии».

Рутений, гадолиний и самарий— три элемента, названия которых имеют чисто русское происхождение.

Однако, помимо всех этих сложных и мало обоснованных названий, около тридцати химических элементов имеют в корне своих имен различные древние арабские, индийские или латинские слова.

Около тридцати названий химических элементов заимствовано из древнейшей арабской и индийской литературы, и много споров вызывает происхождение слов: золото (аурум), свинец (плюмбум), мышьяк (арсеникум) и других. Наконец, четыре новых зауроновых элемента: № 93 — нептун (Np), № 94 — плутон (Pn) — по названию планет, № 95 — америций (Am) — от слова «Америка» и № 96 — кюрий (Cm) в честь Марии Кюри.

Вы видите, какой хаос и какой беспорядок! Греческие, арабские, индийские, персидские, латинские, славянские корни, боги, богини, звезды, планеты, города, страны, фамилии — часто без всякого порядка и глубокой мысли.

Правда, были попытки ввести некоторый порядок в систему названий элементов, но последних так мало, что этого не стоит делать. Совсем другой вопрос — названия минералов.

Здесь геохимик и минералог должны коренным образом изменить свою практику: ведь каждый год приходится называть свыше 25 новых минералов, а между тем разве можно допустить, чтобы одни соединения, как лаурит, были названы именем невесты химика — Лауры, чтобы целый ряд минералов был назван из верноподданнических чувств в честь разных князей и графов, которые никакого отношения к минералам не имели, например уваровит.

Наконец, некоторые названия такие нелепые, что их с трудом может выговорить наш язык, например ампангабит, названный по местности, где он был найден, — на Мадагаскаре.

Названия минералов — интереснейшая страница из истории минералогии и химии. До сих пор еще далеко не известно происхождение ряда названий минералов, и многие из них имеют свои корни в древней Индии, Египте или Персии. Персия подарила нас бирюзой и изумрудом (смарагдом). Древняя Греция — топазом и гранатом. Индия — рубином, сапфиром и турмалином.

Очень большое количество минералов было названо по месту их нахождения. Так, нам, советским людям, хорошо известны и понятны названия: ильменит (Ильменские горы на Южном Урале), байкалит (озеро Байкал). Но самое для нас интересное название связано с Москвой — это московит, или мусковит, знаменитая калневая слюда, играющая столь большую роль в электропромышленности.

Очень много названий дано в честь известных исследователей, крупных химиков и минералогов. Упомянем шеелит, названный так в честь известного шведского химика Шееле, гетит — в честь поэта и минералога В. Гёте, и хорошо знакомые нам менделеевит и вернадскит.

Удачными надо признать и названия, данные минералам на основании их цвета, но тут обычно для понимания названия нужно знать латинский или, чаще всего, греческий язык. Таковы, например, аквамарин (цвета морской воды), аурипигмент (окраска золота), лейцит (от греческого слова «лейкос» — белый), криолит (от греческого слова — лед), целестин (от латинского слова — небо).

Очень многие названия происходят от физических и химических свойств минералов. Так, блесками называются минералы сереброподобные, колчеданами — медно- или бронзоподобные, шпатами — минералы, которые обладают способностью раскалываться по некоторым направлениям (спайность), обманками — такие минералы, которые содержат металл, о чем трудно догадаться по их обманчивому внешнему виду. Некоторые минералы называются смолками по их сходству со смолами.

Алмаз получил название от греческого слова «адамас», то есть неборимый. Наконец, нельзя не признать, что многие минералы получили правильное название по тем химическим элементам, которые преимущественно входят в их состав. Таковы, например, фосфорит, кальцит, вольфрамит, молибденит и другие.

Но есть целый ряд названий, вызывающих особый интерес. С некоторыми из них связаны целые легенды, смысл других скрывается в недрах лабораторий алхимиков. Так, асбест получил свое название от греческого слова — негораемый. Нефрит получил свое название от средневекового заблуждения, что он будто бы излечивает болезни почек. Фенакит — лживый — назван так потому, что его красивая винно-красная окраска пропадает на солнце через несколько часов.

Апатит, или обманщик, назван так потому, что его трудно отличить от других минералов, и, наконец, аметист носит свое название еще со средних веков, когда ему приписывали таинственные свойства умерять любовный пыл и служить защитой от пьянства.

Вы видите из нашего краткого описания, как сложно складываются названия минералов.

Неужели нельзя внести порядок в это дело? Неужели нельзя собрать какую-либо международную комиссию, которая утверждала бы названия новых минералов, заботясь о том, чтобы они своим смыслом отвечали свойствам минерала, чтобы их было легко запомнить, чтобы сами названия создавали некоторую систему и классифицировали сотни и тысячи минеральных видов?

Мы думаем, что придет время, и очень скоро, когда мирный труд овладеет всем миром, когда проблемы науки и научного строительства будут управлять всем, укрепляя хозяйство и промышленность, строя новую, счастливую, свободную жизнь. В пышном расцвете химических и геохимических наук найдется место и нашему маленькому предложению подумывать о том, чтобы не мучить школьника и студента длинными, трудно запоминаемыми, непонятными названиями, а строить науку так, чтобы названия стройно и четко могли уложиться в уме изучающего, чтобы каждое новое название камня, животного и растения было тесно связано с его характерными свойствами.



ХИМИЯ И ГЕОХИМИЯ В НАШИ ДНИ

Мы живем с вами в годы перехода от железного века к веку химии.

Старый металл начинает заменяться или сочетаться с целым рядом редчайших металлических веществ.

Сложные кремневые соединения в стекле, фарфоре, кирпиче, бетоне и шлаках приходят на смену старым железным конструкциям.

Органическая химия — химия углерода — достигла за последние годы грандиозных успехов, и большие фабрики и заводы уже заменили огромные поля индиго, а вскоре заменят и каучуковые плантации.

На этих фабриках и заводах будут производиться синтетический каучук и краски из продуктов перегонки угля, которые уже сейчас не только заменяют природные растительные краски, но и дают значительно более широкую гамму цветов.

Действительно, весь мир идет по пути химизации науки, хозяйства и жизни, и химизация охватывает не только сами химические процессы, она проникает во все отрасли хозяйства, во все углы нашей обыденной жизни, во все частности сложнейшего аппарата промышленного производства.

И понятно, что вместе с химизацией идет всё более и более широкое изучение природных богатств, сырья, нужного для хозяйства и промышленности.

Геохимия тесно сплетается с химией, и нередко трудно провести границу между этими двумя дисциплинами.

Поэтому одним из первоочередных вопросов является проблема развития химических исследований, охватывающих все отрасли и направления химических наук.

Создание специальных научно-исследовательских институтов и лабораторий — это сейчас основа развития химической промышленности, и мы с благодарностью вспоминаем слова знаменитого ученого Пастёра: «Я умоляю вас, уделяйте больше внимания священным убежищам, именным лабораториям. Настаивайте, чтобы их было больше и чтобы они были лучше оборудованы. Ведь это храмы нашего будущего, нашего богатства и благосостояния».

После Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране широко двинулось вперед создание научно-исследовательских институтов в области химии. Были созданы мощные специальные химиче-

ские институты. Все эти институты, по существу, работали и над геохимическими проблемами. Одни с успехом развивали технологические схемы использования алюминиевых руд, другие блестяще разрешали проблемы использования бора и его карбидов, а третьи широко развивали свои работы по изучению солей наших месторождений и редких элементов — редких земель, платины, золота, ниобия, тантала, никеля и других.

Созданный на базе широких проблем геологии специальный Геохимический институт Академии наук СССР взял на себя разработку целого ряда исследований, и в результате работ этого института было положено основание коллективной геохимической мысли в нашей стране.

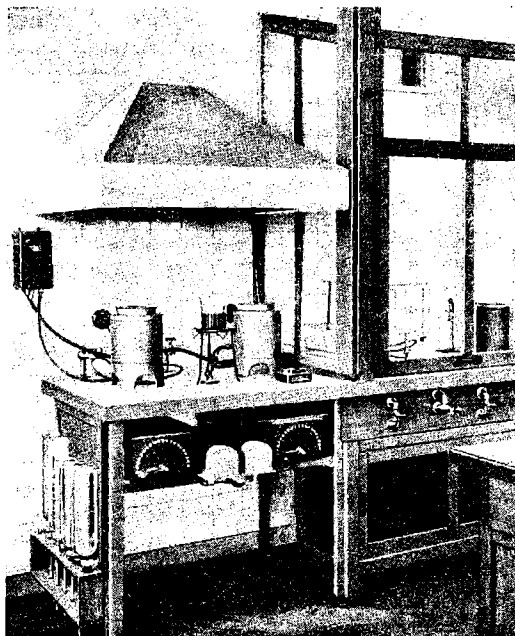
В Менделеевском обществе, продолжающем славные традиции Русского физико-химического общества, широко проводится пропаганда химических идей; Менделеевское общество объединяет в своих учреждениях и филиалах несколько тысяч человек.

Нельзя не упомянуть здесь и Всесоюзного минералогического общества, основанного в Петербурге в 1817 году и до сих пор интенсивно разрабатывающего проблемы минералогии, петрографии и учения о полезных ископаемых.

Геохимия получила широкое общественное признание, и геохимическая мысль стала проникать во все научные труды по изучению полезных ископаемых. Но главное орудие работы учреждения — это его издательская деятельность.

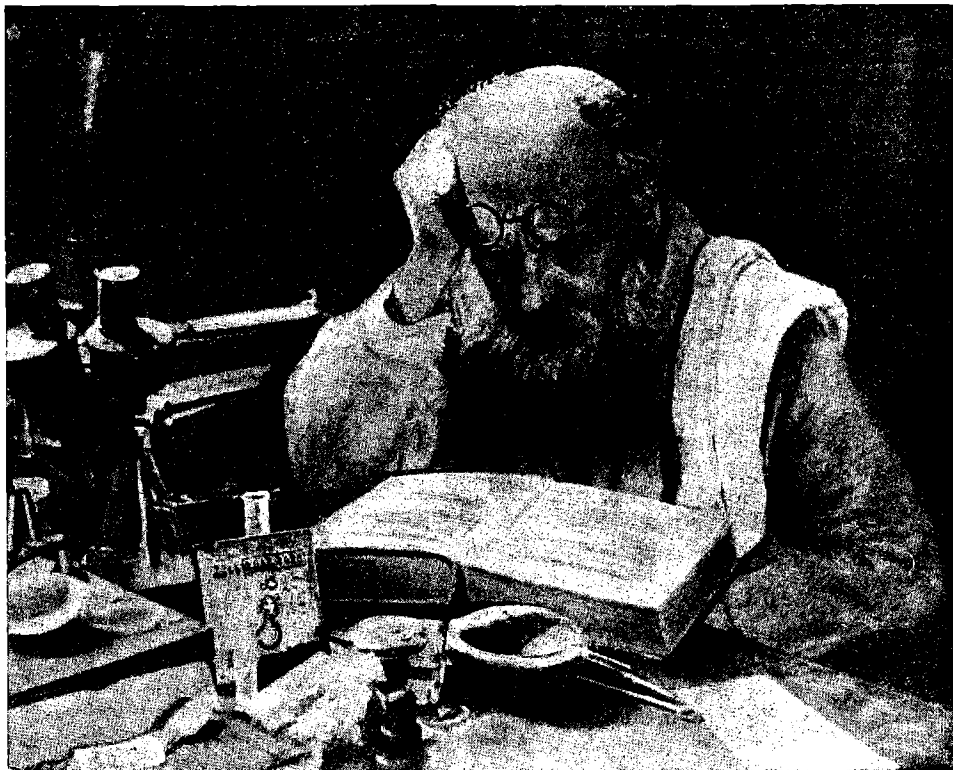
Один из наших химиков подсчитал, что за последние тридцать лет в журналах напечатано свыше миллиона рефератов научных работ по химическим дисциплинам, при этом за последние годы число научных работ по химии достигает 60—80 тысяч. Для того чтобы следить за всей этой огромной литературой, существуют специальные журналы, которые реферируют все статьи, встречающиеся во всем мире и печатающиеся на 31 языке почти в трех тысячах журналов химической литературы. Мы еще далеко не достаточно освещаем в печати огромную научно-исследовательскую работу, проводящуюся в наших химических и геохимических институтах.

Но, конечно, когда мы говорим об этих многочисленных исследованиях, произведенных за последние годы, то мы не должны забывать, что подавляющая их часть относится к соединениям углерода, что



Лаборатория высоких температур.
Электрические печи.





Химик-аналитик член-корреспондент Академии наук СССР К. А. Венадкевич
в лаборатории Ломоносовского института.

очень большое количество относится к чисто техническим проблемам, и только около двух процентов работ ближе стоят к проблемам геохимии, к вопросам изучения вещества в земной коре, его распространения, миграции, строения, его сочетания и образования концентраций, на которых работает наша промышленность.

Наравне с ростом научной работы научно-исследовательских институтов, общественных объединений и издательской деятельности, всё глубже и шире стали намечаться основные задачи, стоящие на очереди перед химическими науками, и хотя уже прошло двести лет со дня смерти Ломоносова, тем не менее и сейчас как основной лозунг химической работы может быть поставлен параграф первый его предисловия к лекциям по физической химии, читанным им в 1751 году: «Изучение химии может иметь двоякую цель, одной является усовершенствование естественных наук, а другою умножение благ жизни».

И действительно, химия вместе с физикой не только усовершенствовала естественные науки, но и открыла нам тайны природы, не видимые глазом; наука и техника сумели раскрыть многообразие тех атомов, из которых складывается мир.

Химические науки перебросили мост к технологии и промышлен-



ности, сумели получить около пятидесяти тысяч соединений различных элементов, не считая органических, которых в лабораториях органической химии создано и изучено до миллиона соединений. Беспредельны еще границы роста всё новых и новых получаемых в лабораториях молекул.

Как грандиозны эти цифры по сравнению с теми 2 500 соединениями, которые мы знаем в природе, а между тем именно природа и стала нас учить химическим наукам. Минеральное сырье лежит в основе нашей промышленности. Оно определяет направление работ химических лабораторий, и строение вещества и ход химических реакций были изучены на природных материалах.

Вот почему именно геохимия перебрала мост между химическими и геологическими науками. Она сумела не только раскрыть вместе с кристаллографией строение кристаллов, но и определила собой пути развития промышленности, изучая свойства и запасы минерального сырья в мире.

Таким образом сплеталась цепь научных дисциплин от геологии к геохимии, от геохимии к химическим наукам и к физике. И в этой цепи окончательной целью всех дисциплин было не только усовершенствование естественных наук, но и, как говорил Ломоносов, создание и умножение тех благ жизни, для которых работает и трудится человек.

И поэтому вторая проблема — создание новых ценных веществ, завоевание сырья для народного хозяйства — явилась величайшим основным стимулом в наши дни, и технология тесно сомкнулась с геохимией, изучая свойства руд и солей, выясняя распространение в них редких элементов, выискивая пути наилучшего и наиболее полного использования наших недр.

И сочетание химии, геохимии и технологии привело нас к той химической промышленности, которая готовит на смену веку железа век химии.

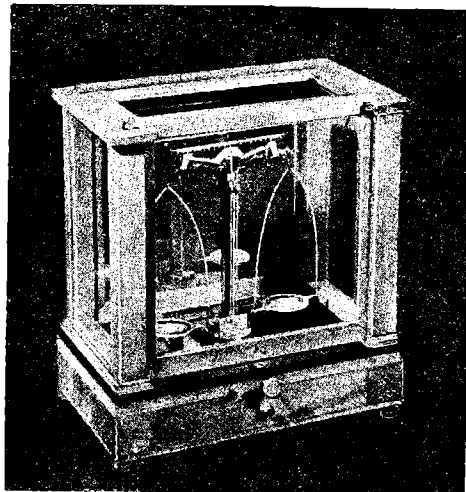
Мы не будем дольше останавливать ваше внимание на том, какие блага человечеству принесло и принесет еще развитие химии и химических дисциплин; об этом мы говорили раньше, когда писали об истории атома в истории человечества, к этой задаче вернемся и в следующей главе, когда попытаемся набросать картину будущего наших наук и их достижений.

Нас сейчас интересует другое: каким является и должен быть исследователь, тот, кто двигает науку, создает научные лаборатории и завоевывает этим окружающий нас мир. Речь идет о современном химике.

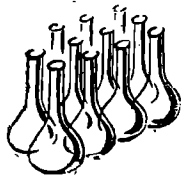
Химики прошлых веков брали из породы отдельные вещества, элементы, и изучали их в своих лаборато-



Рентгенометрическая лаборатория.



Точные аналитические весы. Взвешивают с точностью до одной сотой миллиграмма.



мироздания. Вот почему так сближается сейчас химия с геохимией.

Задачи ученого сейчас изменились: ему мало описывать отдельные явления, отдельные факты окружающей природы, ему мало наблюдать результаты каких-либо опытов в своей лаборатории. Он изучает вещество, то есть он должен понять, как вещество создано, почему оно получилось и что с ним будет дальше.

Ему мало широких рассуждений философа о законах природы, он должен изучать их в их вековом течении в окружающих нас явлениях, он должен поставить их в сложную связь между собой.

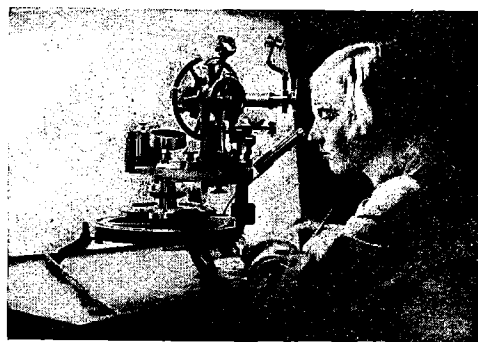
И потому мир перестал быть для исследователя красивой картиной, которую он должен бесстрастно рисовать или фотографировать, а стал таинственной, полной загадок страной, которую он должен завоевывать и подчинять своей воле. И новый исследователь должен быть не ремесленником в своей лаборатории, а творцом новых идей, рождающим их в борьбе с природой для завоевания мира.

Химик, как и астроном, сейчас должен предвидеть: его опыт не ряд отдельных случайных реакций в колбах лабораторий, его опыт рождается как плод творческой мысли, научной фантазии и глубоких исканий. Современный химик должен понимать, что научная победа дается не сразу, что она нарастает постепенно, путем долгой проверки отдельных идей, что она рождается

риях вне той связи, которую эти предметы имеют со всей природой.

Сейчас мир раскрыт человеком как сложная система, в которой все отдельные части тесно связаны между собой, где, как в огромной лаборатории, сталкиваются, сочетаются и борются разнообразные силы, где только в результате этой борьбы отдельных атомов, электрических и магнитных полей создаются вещества в одном месте и разрушаются в другом.

Мир — громадная лаборатория, где всё связано друг с другом, как отдельные шестерни в машине. И новый химик, пришедший на смену старому лабораторному затворнику, по-новому смотрит на каждый атом, тесно связывая его судьбу с судьбами всего



Работа с гониометром — прибором, для точного измерения углов в кристаллах.

как результат исканий на протяжении времени иногда целых поколений, что она нередко является последней каплей, переполняющей стакан.

Вот почему так часто в современной науке открытия делаются одновременно в разных странах, и самые большие завоевания окружающего нас мира почти в одни и те же годы рождаются в умах ученых.

Успех работы — в умении наблюдать и собирать факты. В области геохимии — это одна из важнейших задач коллектива. Мы должны сознаться, что в увлечении теорией и подчас логически стройными обобщениями исследователи иногда перестают наблюдать и не видят то неясное, то не согласное с их представлениями, что является ключом к открытию нового. Умение почувствовать это новое и вовремя отказаться от старых, привычных гипотез является необходимым качеством настоящего ученого.

Пусть многие считают, что случай наталкивает на открытие, что Рентген случайно заметил на светящемся экране действие рентгеновских лучей, что случайно исследователь открыл в далекой Сибири грандиозные скопления углекислого марганца. Но ведь этот случай всегда есть не что иное, как тончайшее умение подметить новое.

Сколько исследователей в течение многих лет проходили мимо белых пород, считая их простыми известняками, пробовали их соляной кислотой, убеждались, что они шипят, и проходили мимо. Но надо было подметить, что местами в трещинах и на поверхности эти белые породы покрыты черной корочкой, что эта корочка не есть что-то постороннее, что она как бы рождается из белого камня. Так были открыты крупнейшие марганцевые месторождения Сибири. И не случайно открыли их, а глубокое, последовательное наблюдение и знание фактов привели к этому открытию.

В этом умении наблюдать есть еще одна сторона, которую замечательно подметил Ломоносов. Он говорил, что из наблюдения надо устанавливать теорию, а через теорию исправлять наблюдение, и он был совершенно прав, так как всякое наблюдение, тонкое и умелое, рождается из теории, и всякая теория имеет смысл только тогда, когда



Современный поляризационный микроскоп.



она основана на громадном количестве точно наблюдаемых и точно описанных фактов.

Вот почему мы можем говорить о том, каким должен быть настоящий геохимик.

Он должен быть целеустремленным, без колебаний идущим к определенной цели, он должен быть пытливым наблюдателем, должен обладать живым, молодым воображением, той молодостью мысли и души, которые определяются не возрастом, а чуткостью самой натуры. Он должен обладать огромным терпением, выдержкой и трудоспособностью и прежде всего умением доводить дело до конца.

Недаром один из крупнейших ученых прошлого века — Франклин говорил, что гений — это способность к бесконечному труду.

Но ученый должен вместе с тем обладать и здравым смыслом, с одной стороны, и полетом научной фантазии — с другой. Он должен верить в свое дело, в свою мысль, быть убежденным в правильности ее, быть смелым в ее защите, гореть своей работой и любить ее. Энтузиазм в работе — одно из важнейших условий победы, и ни одно крупное открытие не сделано ремесленниками науки.

Без энтузиазма нельзя завоевывать мир, и этот энтузиазм рождается не столько в увлечении самим творчеством, сколько в понимании той роли, той ответственной задачи, которая выполняется человеком в его творческой работе.

Увлечение идеей улучшения человеческой жизни, горячая жажда победы над ее темными силами, стремление строить новый, лучший мир и дать ему новые ресурсы и возможности овладеть старым — это цель не личной жизни, а цель рождающегося нового человека в новой, свободной стране.

И только так можно завоевать окружающий мир.

В своей автобиографии Чарльз Дарвин говорил: «Мои успехи в жизни как человека науки, каковы бы они ни были, зависели, насколько я могу судить, от сложных и разнообразных жизненных условий и умственных качеств. Из этих качеств самыми важными несомненно были: любовь к науке, безграничное терпение при обдумывании любого вопроса, настойчивость при наблюдении и собирании фактов и достаточная доля изобретательности и здравого смысла».

Вот этих черт мы хотим сейчас от геохимика! Они рождаются в человеке не сразу, они вырабатываются в нем упорным трудом, они не рождаются с рождением человека, они воспитываются и создаются в творческой жизни.

И на наших глазах проходят крупнейшие завоевания химической мысли, и тысячи примеров показывают нам, как побеждается природа энтузиастами науки.



ФАНТАСТИЧЕСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ ПО МЕНДЕЛЕЕВСКОЙ ТАБЛИЦЕ

«Что предлагаете вы выставить как самое замечательное достижение русской науки?» — обратился ко мне один из организаторов Всесоюзной выставки науки и техники, намечаемой в Москве через несколько лет.

«Надо выставить нечто такое, чего нет во всем мире и что показало бы славу и мощь нашей советской науки в ее постепенном развитии, начиная от времен Ломоносова и кончая нашим временем!»

Мы увлеклись этой идеей, потолковали с химиками и геологами и внесли свое предложение. Оно показалось сначала слишком грандиозным и фантастическим, но потом наши критики согласились с нами, увлеклись идеей и стали вместе с нами ее развивать.

* * *

Представьте себе здание в виде громадного конуса или пирамиды из хромированной стали, высотой 20—25 метров, примерно как наши пяти- или шестизэтажные дома. Вокруг этого конуса идет грандиозная спираль с отдельными клеточками, которые расположены так, как в Менделеевской системе, образуя длинные ряды и вертикальные группы. Каждая клеточка, как маленькая комната, отведена отдельному элементу. Тысячи зрителей спускаются по спирали вниз, рассматривая в клетке судьбу каждого элемента, как отдельного зверя в зверинце.

Чтобы подняться на вершину громадного конуса Менделеевской таблицы, вы входите внизу внутрь «элементария». Вас окутывает сначала полный мрак, и лишь отдельные красные языки начинают как бы лизать ваши ноги, а постепенно вокруг вас растекается бурлящая масса кипящего огненного расплава.

Вы сидите в стеклянной кабинке большой подъемной машины. Под вами и вокруг вас расплавленный океан глубин земли. Медленно поднимается кабина среди языков огня и потоков расплавленных масс.

Появляются первые точки отвердевших выкристаллизованных веществ магмы. Они еще плавают в расплаве, носятся целыми массами, постепенно накапливаются в отдельных участках в виде сверкающих блесков, твердеющих горных пород.



Вот справа кабина уже коснулась такой охладевшей магмы глубин. Вы видите темную, еще раскаленную местами докрасна основную породу, богатую магнием и железом. Черные точки хромистого железняка сливаются в целые полосы хромовых руд, а среди них сверкают, как звезды, кристаллики платины и осмистого иридия — этих первых металлов глубин.

Вот постепенно кабина продвигается вдоль такой темнозеленой каменной глыбы. Много раз ломалась она в своей длинной истории и вновь спаивалась огненно-жидким расплавом. Среди темнозеленых кристаллов сверкают другие блестящие кристаллики прозрачного камня. Это кристаллы алмаза, которые выносились в такие же расплавленные алмазоносные трубки в Южной Африке.

Вам кажется, что кабина всё в более и более быстром темпе летит кверху. В глубинах остаются темнозеленые породы железа и магния. Вот появляются сплошные массы серых и бурых пород — диоритов, сиенитов, габбро; среди них кое-где мелькают белые жилки. Вдруг кабина резко поворачивает вправо и врывается в гранитный расплав, насыщенный газами, парами и редкими металлами, он весь пропитан горячим туманом. Вы с трудом разбираете в хаосе гранитного расплава отдельные твердые кристаллики. О, здесь температура достигла уже 800°!

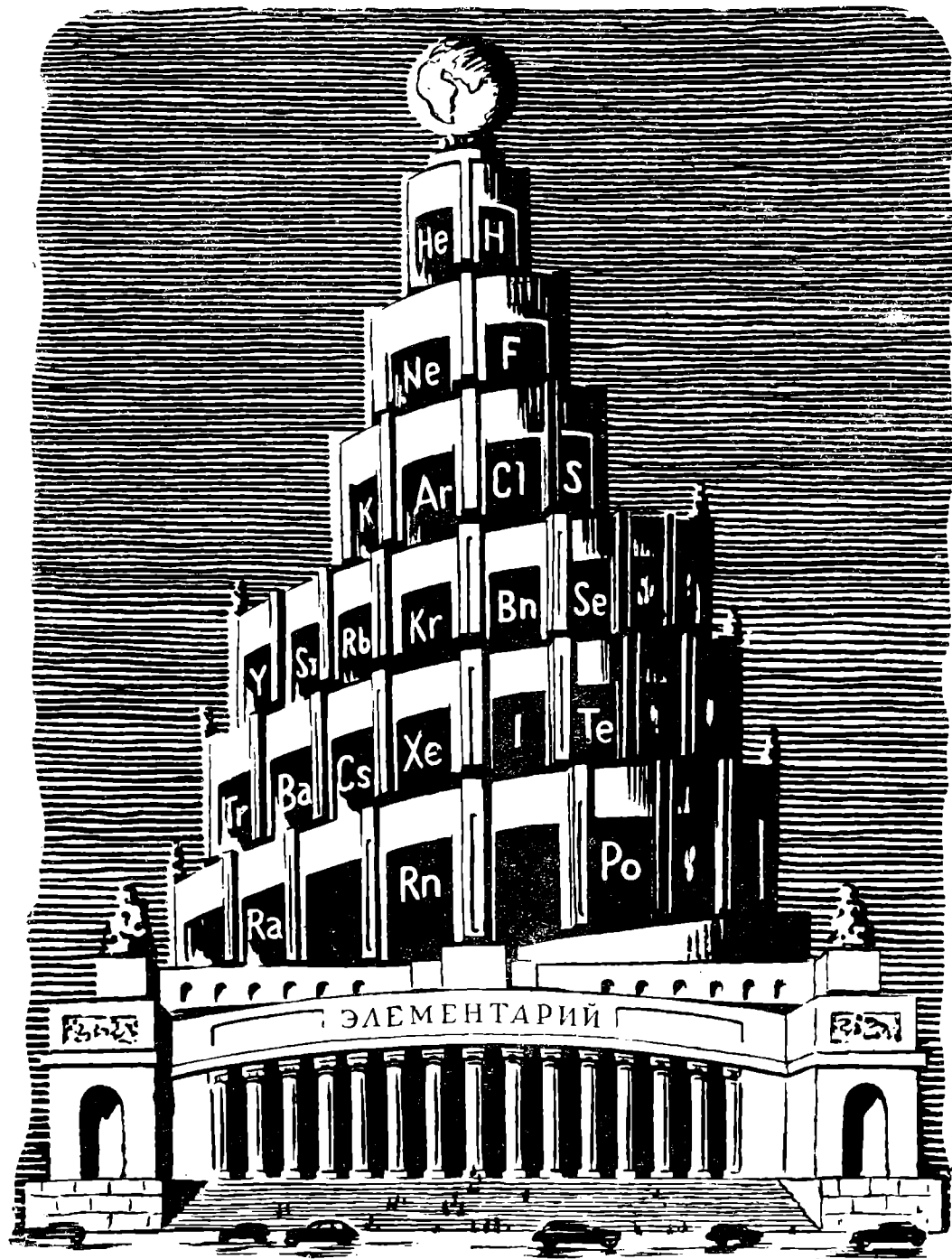
Бурными потоками со взрывами вырываются кверху горячие летучие пары. Вот застывающая масса гранита пререзается еще расплавленными остатками того же гранита. Это знаменитые пегматиты, в которых рождаются прекрасные кристаллы драгоценных камней, растут дымчатые морионы, зеленые бериллы, голубые топазы, кристаллы горного хрусталя и аметиста.

И сквозь туман охлаждающихся паров кабина проходит мимо замечательных картин пегматитовых пустот, которые так хорошо называют на Урале «занорышами». Вот большие дымчатые кварцы, больше метра размером, рядом с ними уже выкристаллизованные кристаллы полевого шпата. Медленно растут на их поверхности пластинки слюды, а выше светлеют дымчатые кварцы. Чудные горные хрустали, они как бы прозрачным лесом копий разрезают занорыш.

Еще выше поднимается кабина. Лиловые щетки аметистов облекают ее со всех сторон. Сильным порывом вырывается она из пегматитовой жилы, и новые картины привлекают ваше внимание — то слева, то справа ветвятся жилы разной толщины: то целые сплошные стволы из белых минералов и сверкающих сернистых соединений, то тонкие прожилки, едва заметные глазу, так похожие на веточки дерева. Целые участки гранитной породы пропитаны бурыми кристалликами оловянного камня и желто-розовыми массами шеелита.

В кабине тушат электрический свет. Вы оказываетесь во мраке. Затем поворачивают рычаги мощной машины, выделяющей невидимые ультрафиолетовые лучи, и темные стенки начинают зажигаться новыми огнями: то нежнозеленым светом горят кристаллики шеелита, то желтым огнем вспыхивают зерна кальцита. Тысячей тонов светятся и сверкают фосфорическим светом минералы, а среди них остаются мрачными черными пятнами соединения тяжелых металлов.

Но вот снова зажигается свет. Кабина оставляет контактные зоны гранитов, выбирает себе один из могучих стволов, поднимающийся из



Элементарий, или башня с таблицей Д. И. Менделеева.

массива гранита. Кабина замедляет ход, и вы поднимаетесь вверх по настоящей рудной жиле. Затем кабина врывается сначала в сплошное кварцевое тело. Черные острые кристаллы вольфрамовых руд прорезают кварцы, а через несколько сот метров появляются первые сверкающие блески сульфидов, эти серебристо-желтые кристаллики сернистых соединений железа. За ними следуют яркожелтые блески, ослепляющие глаза.



«Смотрите, золото!» — вскрикивает один из вас. Тонкие жилки прорезают белоснежные кварцы. Еще несколько сот метров вверх пролетает кабина. Вместо золота появляются сверкающие стальные кристаллы свинцового блеска, потом блестящая алмазным светом цинковая обманка, различные сернистые руды, переливающиеся цветами всех металлов, руды свинца, серебра, кобальта, никеля. Выше жилы светлеют. Кабина идет через мягкий известковый шпат, прорезанный иглами серебристого сурьмяного блеска, иногда кроваво-красными кристалликами киновари. Дальше — желтые и красные сплошные массы соединений мышьяка. Всё легче и легче пробивает себе дорогу кабина, на смену горячим расплавам давно пришли горячие пары, потом горячие растворы.

Сейчас кабину обдают брызги горячих минеральных источников. Они бурлят и кипят от пузырьков угольной кислоты, они пробивают себе дорогу сквозь осадочные породы, сковывающие земную кору. Вы видите, как они разъедают стенки известняков, откладывая в них натеки цинковых и свинцовых руд. Горячие минеральные источники выносят кабину всё выше и выше, вокруг со стенок свешиваются красивые известковые натеки: то сталактиты из бурого арагонита — карлсбадского камня, то красивые осадки мраморного оникса пестрых цветов.

Но ветвятся пути горячих источников, тонкие струйки пробивают себе дорогу на земную поверхность, создавая нарзаны, гейзеры, минеральные воды. Наша кабина проходит через толщу осадочных пород, она прорезает пласты угля, она врывается в толщи пермских солей, перед ней открываются картины отдаленного прошлого земной поверхности. Вот тяжелые жидкие капли падают и замазывают стеклянные стенки кабины. Это нефть и разные битумы в песках осадочных пород. Кабина прорезает отдельные горизонты.

Снова подземные воды обливают дождем ее стены, твердые песчаники сплошной стеной обрамляют ее путь, мягкие известняки и глинистые сланцы в пестром чередовании прошлых судеб земли окружают ее. Но всё ближе и ближе к поверхности прорезывается кабина. Еще один порыв в ее быстром движении — и кабина останавливается.

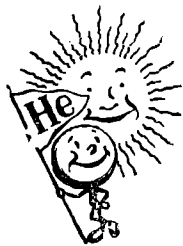
Яркое пламя поднимается вам навстречу, и белые клубы воды снежными облаками сказочной формы застилают всё небо.

Вы поднялись на вершину Менделеевской таблицы. Перед вами горит в воздухе химический элемент водород, сгорающий в клубы водяного пара.

* * *

Вы на верхней площадке Менделеевской таблицы. Крутая спираль ведет вас постепенно книзу. Вы держитесь за барьер из хромированной стали и начинаете путь по Менделеевской лестнице.

Вот первая клетка. На ней написано большими буквами «Гелий». Редкий благородный газ, открытый сначала на солнце, пропитывающий



всю землю, камни, воды, воздух. Гелий — вездесущий газ, который мы разыскиваем, чтобы наполнять наши дирижабли. Здесь, в этой маленькой комнате, посвященной гелию, вы видите всю его историю от ярких зеленых линий солнечной короны до черного невзрачного клевета — камня скандинавских жил, из которого насосом можно извлечь до двадцати кубиков газа солнца.

Осторожно нагибаетесь вы через перила и видите под клеткой гелия еще пять клеток. В них горят огненными буквами имена других благородных газов: неон, аргон, криптон, ксенон и радиевая эманация — радон.

Вдруг загораются спектральные линии благородных газов, и всё начинает гореть пестрыми красками. Оранжевые и красные тона неона сменяются сине-голубыми тонами аргона. Длинные дрожащие полосы синеватых тяжелых газов дополняют эту картину. Мы ее хорошо знаем в городах по светящимся рекламным магазинам.

Снова зажигается свет, перед вами клетки лития. Это самый легкий щелочной металл. Вы видите всю его историю, вплоть до самолетов будущего. Он почти столь же легкий, как пробка! И снова нагибаетесь вниз, и снова под вами горят светящиеся буквы его аналогов: желтым цветом светятся цвета натрия, фиолетовым цветом блестит калий, красными тонами горят надписи рубидия, и голубым цветом светится цезий.

Так постепенно, шаг за шагом, элемент за элементом, обходите вы по спирали великую Менделеевскую таблицу, и всё то, что мы рассказывали вам на страницах книги, вся история отдельных химических элементов здесь рисуется не в виде отдельных слов и картинок, а в живых, настоящих образцах, в самой истории каждого элемента.

Что может быть сказочнее клетки углерода — основы жизни и всего мира! Вся история развития живого вещества проходит здесь перед вашими глазами и вся история смерти этого вещества, когда погребенная жизнь в глубинах превращается в уголь, а живая протоплазма — в жидкую нефть! И в замечательной картине сложного мира сотен тысяч химических соединений углерода ваше внимание привлекают его начало и его конец.

Вот громадный кристалл алмаза. Нет, это не знаменитый «Кюллинан», распиленный на кусочки для английского короля, это «Орлов». Он вставлен в золотую палку — жезл русских царей.

А вот в конце той же комнаты угольный пласт. Отбойный молот врежется в уголь, и куски этого невзрачного камня длинным конвейером устремляются на поверхность земли. Это «хлеб промышленности», как говорил В. И. Ленин.

Но вот вы спускаетесь двумя оборотами спирали ниже — перед вами комната с яркими красками: желтые, зеленые, красные камни сверкают всеми цветами радуги. Вот рудники Центральной Африки, вот темные пещеры Азии. Медленно вращается кинолента, рисуя картины отдельных рудников, раскрывая происхождение металлов. Это ванадий, названный так в честь легендарной древнеславянской (вендской) богини, ибо сказочны те силы, которые он придает железу и стали, вооружая их твердостью и прочностью, вязкостью и гибкостью, неразрушаемостью, необходимой для оси автомобиля. Перед вами в той же комнате валы из ванадиевой стали, прошедшие миллионы километров, и



здесь же надломленные, не выдержавшие даже десяти тысяч километров пробега, оси из простой стали.

Снова проходите несколько оборотов спирали. Картины сменяются одна за другой. То железо — основа всего мира и железной промышленности, то вездесущий иод наполняют пространство своими атомами, то стронций, сверкающий красными ракетами, то плавящийся в руке человека блестящий металл галлий.

О, как прекрасна комната золота! Она искрится тысячами огней. Вот золото в белых кварцевых жилах, вот серебристое, почти зеленое золото Забайкальских рудников, вот вьется на ваших глазах золотая струйка в маленькой модели обогатительной фабрики алтайского Лениногорска, вот золотые растворы всех цветов радуги, вот золото в истории человечества и культуры. Металл богатства и преступления, металлы войны, грабежа и насилия! В ярких красках проходят перед вами подвалы государственных банков со слитками золота, тяжелые картины рабского труда в знаменитых рудниках Витватерсранда, банковские заправилы, определяющие судьбы акционерных компаний и цену золотой валюты.

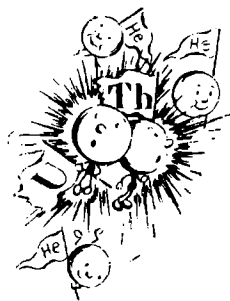
Только один шаг, и мы в комнате другого металла — жидкой ртути. Как на знаменитой Парижской выставке 1938 года, посредине комнаты бьет фонтан, но не воды, а жидкой серебряной ртути. В правом углу маленькая паровая машина отбивает такт своими поршнями, работая на ртутном газе, а влево раскрывается вся история этого летучего металла, его рассеяние в земной коре, кроваво-красные капли киновари в песчаниках Донбасса и жидкие капли ртути в рудниках Испании.

Но вы идете дальше. За клетками свинца и висмута начинается какая-то не понятная для вас картина. Элементы и клетки смешаны и спутаны между собой. Здесь нет больше четкости и ясности в отдельных клетках. Вы входите в область особых атомов Менделеевской системы. Нет больше прочности и устойчивости в знакомых вам металлах. Что-то неясное и новое начинает рисоваться перед вами, и вот в тумане вдруг начинает проявляться сказочная картина.

Атомы урана и тория не остаются на своих местах. Из них выделяются какие-то лучи, и рождаются шарики атомов гелия. Наши атомы оставляют свои насиженные клетки. Вот они вскакивают в клетку радия, ярко светятся загадочным светом, превращаются, как в сказке, в невидимый газ радон, снова потом бегут назад по Менделеевской таблице и на ваших глазах умирают в клетке свинца.

А вот другая, более страшная картина сменяет первую — какие-то быстро летящие атомы налетают на уран, они ломают его на кусочки с треском и шумом, ярко блестящими лучами распадается атом урана, где-то высоко по нашей спирали загорается он в клетке редких земель, а потом бежит вновь вниз дальше по спирали, задерживаясь в отдельных клетках посторонних ему металлов, постепенно умирая где-то около платины.

Что случилось с нашими атомами? Разве не нарушены наши законы, наше убеждение, что каждый атом является неизменным, постоянным кирпичиком природы, что ничто не может его изменить и превратить, что стронций всегда останется стронцием, а атом цинка — всегда атомом цинка?



И вы подходите к жестокому разочарованию. Всё, что мы говорили раньше, оказалось непрочным. Вы вошли в какой-то новый мир, где атом оказался непостоянным, где его можно разрушить, не уничтожить, но превратить в другой.

И сквозь туман конца Менделеевской таблицы, среди сверкающих искр летящих атомов гелия и рентгеновских лучей вы спускаетесь к последним ступенькам спирали в неведомые глубины.

Но сейчас вы спускаетесь не в глубины земли, а в глубины горящих, сверкающих на небе звезд. Туда, где температуры измеряются сотнями миллионов градусов, где давление не может быть выражено никаким числом наших атмосфер, где в бешеном хаосе сверкают и распадаются атомы Менделеевской таблицы.

Так что же, — значит, всё то, что мы говорили, было неверно? Значит, правы были алхимики, когда хотели сделать из ртути золото? Из мышьяка и «философского камня» создать серебро? Значит, правы были те фантазеры науки, которые еще сто лет тому назад говорили, что атомы переходят друг в друга, что в сложных, не доступных нам мирах они рождаются один из другого?

Менделеевская таблица — совсем не мертвая таблица, состоящая из клеточек, не только картина настоящего, но и прошлого и будущего, это картина тех таинственных процессов мира, в которых идут превращения одних атомов в другие.

Таблица Менделеева есть таблица истории и жизни мироздания! А сам атом есть кусочек вселенной, вечно меняющий свое место в сложных рядах, группах и клетках Менделеевской таблицы.

Вы подошли к самой замечательной картине окружающего нас мира.





Мы живем сейчас в годы развития химии, но это только преддверие к тому подъему, который всё шире и шире будет охватывать науку, промышленность и хозяйство, который будет, как мы говорим, химизировать науку и технику и даже человеческие умы. Я думаю, что наступает век химии, век, в который не только вся Менделеевская таблица подчинится человеческому гению, но будут разбужены все силы атома и использованы грандиозные запасы энергии, таящиеся в каждой молекуле, атоме, электрическом клубке. Пусть несколько фантастическими покажутся следующие страницы, но фантазия настоящего часто превращается в технику будущего.

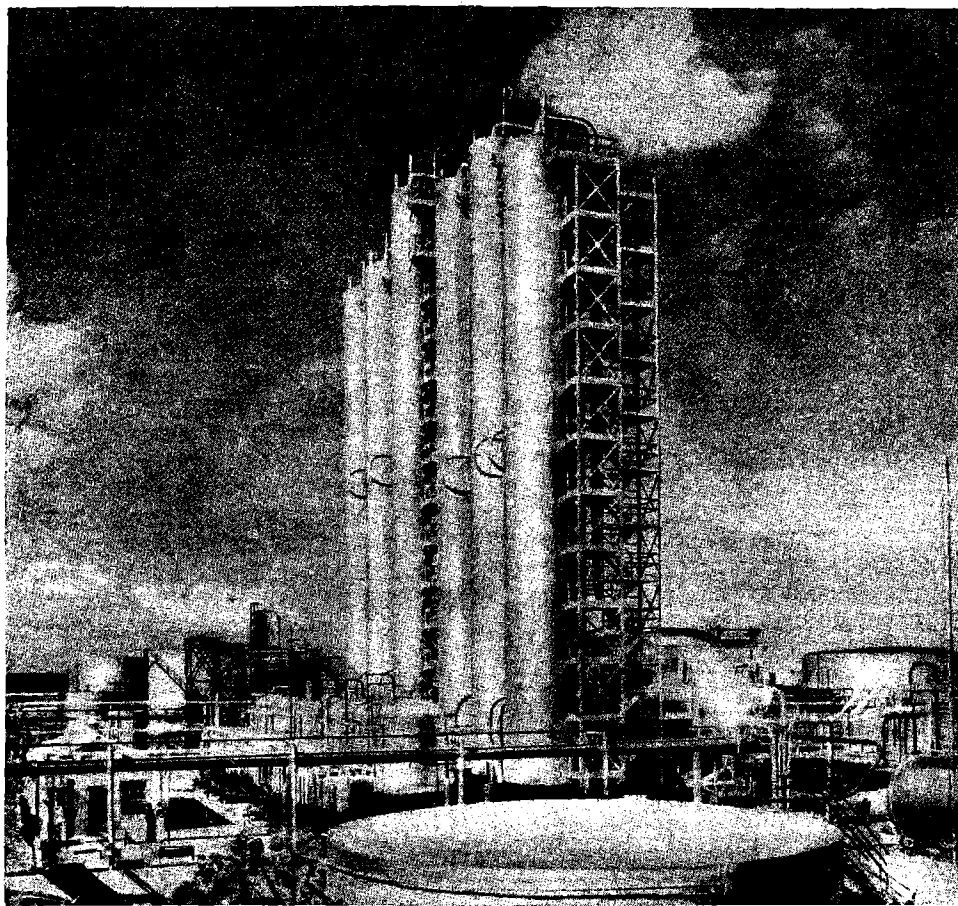
Ведь фантазии Жюль Верна, которыми мы и сейчас еще увлекаемся, превратились в реальную быль сегодняшнего дня! У нашего замечательного ученого К. Э. Циолковского мы находим еще больший размах фантастической мысли, и хотя прошло только тридцать лет со времени его смелых предсказаний, но уже многое из того, о чем он тогда писал, претворилось в жизнь. Поэтому мы не должны бояться научной фантазии, но и не должны ее принимать за нечто уже существующее: нам надо бороться за нее, ибо фантазия — один из методов научной работы.

Так давайте же пофантазируем вместе о том, что будет с нашей землей, когда наступит век химии.

Прежде всего будет побеждена воздушная стихия, не только потому, что самолеты и ракетопланы будут подниматься в заоблачные высоты на пятьдесят-сто километров, будут летать со скоростью, превышающей скорость звука, но и потому, что химия овладеет веществом воздуха и подчинит его власти человека.

В громадных турбодетандерах на разбросанных по всей земле крупных заводах будет извлекаться гелий из воздуха, разделяться кислород и азот, и целые реки жидкого кислорода будут течь по искусственно охлажденным трубам, направляясь к мощным металлургическим заводам, где выплавка металла в домнах делается столь же простой, как выпаривание воды в лабораторной колбе.

На таких же заводах будет получаться чистый азот, превращаемый мощными электрическими разрядами в азотную кислоту. В виде удобрений в грандиозных количествах живительный азот попадет на



Газо-аммиачный завод.

наши поля, удваивая и утраивая их урожай. А по другим трубам этих же установок воздушной промышленности будут течь потоки благородных газов — жидкого неона, криптона и ксенона. По тонким трубам они потекут на заводы электрических ламп.

Но еще чудеснее будет победа над теми слоями озона, которые на высотах в десятки километров образуются под влиянием ультрафиолетовых лучей солнца.

Мы знаем, что эти слои озона окутывают землю как бы сплошной пеленой, отражая радиоволны, задерживая живительное действие ультрафиолетовых колебаний.

И вот представьте себе такую фантастическую картину: громадные наэлектризованные столбы аммиачных соединений поднимаются до высоты в несколько сотен километров, до знаменитого озонового слоя; озон распадается, в нем образуются свободные окна, через которые от солнца мощными потоками льются волны ультрафиолетовых электромагнит-





ных колебаний. В одних местах они губят жизнь, в других они дают ей могучую силу, снабжая землю источником новой живительной энергии.

И еще фантастичнее кажется нам завоевание глубин.

Океан магмы, кипящий под нашими ногами, колоссальные количества тепла, скрытые в земных недрах, — всё это делается доступным человеку.

По особым трубопроводам в 20—30 километров глубины человек достигнет слоев, нагретых до $500\text{--}1\,000^\circ$; он согреет землю тепловыми станциями земных недр; он прекратит уничтожение лесов и бесцельное сжигание угля, столь необходимого для химических процессов; он перестанет использовать нефть для тепловых установок.

Миллионы калорий принесут с собой трубы из глубин на земную поверхность. Они не только дадут тепло человеческим жилищам и заводам, — они согреют целые районы своим горячим дыханием, расплавят льды полярных стран, меняя климат. Мощные холодильные установки, разбросанные в разных местах пустыни, превратят ее в цветущие оазисы.

Но человеку будет и этого мало... Человеку будет мало тепла, которое разольется по его приказу по всей поверхности земли и исправит ошибки солнца, — он поднимет из глубин источники энергии, которые там скрыты.

Уже сейчас, по гениальному предсказанию Менделеева, в нашей стране начинаются новые этапы борьбы за овладение недрами.

В глубинах, не доступных рудничным шахтам, сжигается уголь, продукты горения по трубам поднимаются на поверхность и используются промышленностью. Не надо ни шахт, ни тяжелой работы бурильщиков, забойщиков и откатчиков в угольных копях, — сложный, длинный путь автоматизации и телемеханики дает возможность овладевать угольными запасами, не спускаясь в угольные шахты.

Уже люди поднимают серу из глубин земных залежей. Пары воды расплавляют в глубинах серу, и жидкие потоки ее выливаются на земную поверхность, а если пары воды, нагретые до $500\text{--}600^\circ$, направить в рудные жилы, в скопления тяжелых сернистых металлов, тогда вместо серы по трубам из нового устойчивого материала потекут сернистые соединения серебра, свинца и цинка.

Мощные слои сланцев будут сжигаться в глубинах, вызывая на поверхность живительные газы; соли будут растворяться и этими же растворами извлекаться на земную поверхность. Сильные кислотные растворы будут растворять тяжелые металлы, давая готовые соли для электролитических заводов. Вся земная кора будет пронизана миллионами стальных труб, извлекающих с разных глубин нужные вещества.

Еще решительнее будет победа над веществом, когда химия научится собирать рассеянные атомы урана и превращать их в энергетические двигатели.

Сейчас физики говорят нам, что мировые запасы энергии урана колоссальны. Научившись делить эти распадающиеся атомы урана, человек построит новые двигатели, которые будут безотказно и безостановочно работать тысячи лет, служа источником сказочной энергии, двигающей и самолеты и корабли.

Вся энергия мира будет поставлена в новых химических установках на службу человеку. Солнечные лучи, падающие бесцельно на земную поверхность, будут подхватываться громадными зеркалами и пре-

вращаться в тепло. Солнечные кухни в Калифорнии и в СССР — первый опыт овладения энергией солнца — войдут в обиход каждого человека.

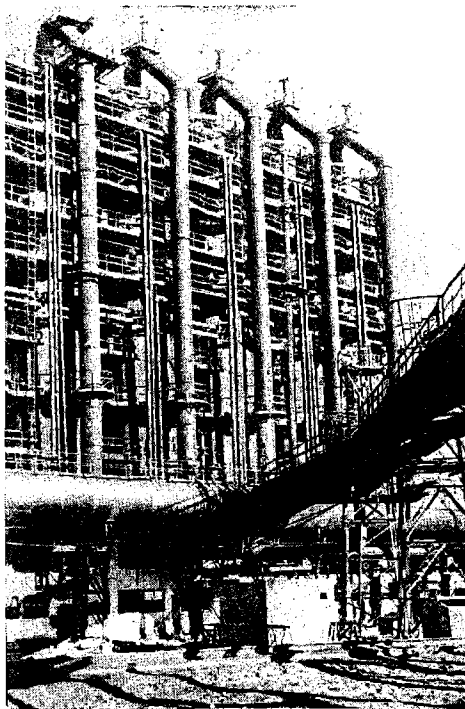
Полностью использованы будут источники белого угля, синего угля водных районов, которые будут подхвачены громадными станциями по всем берегам океанов. Человек будет хозяином над такими громадными количествами энергии, что он сможет с ними делать чудеса!

И тогда человек овладеет пространством, расстоянием и временем!.. Скорости в несколько тысяч километров в час сделаются обычными, расстояния между городами и отдельными центрами перестанут разделять людей. Новые формы жизни, новое социальное переустройство мира смогут стереть все земные границы. Человек научится тонкими методами делить атомы, он сумеет при помощи радиоактивных лучей и излучений громадных циклотронов делать с атомами всё, что ему нужно: разбивать их на отдельные кусочки, превращать тяжёлые атомы в лёгкие и, наоборот, из лёгких атомов строить тяжёлые.

Получая искусственно различные типы атомов, человек научится их использовать. Живущие только секунду или минуту атомы он сумеет ввести в организм, создавая новые лечебные средства для борьбы с вирусами и вредоносными бактериями. Он овладеет жизненной клеткой, управляя ею при помощи новой химии. Но он сумеет использовать и микроорганизмы для своих мощных химических процессов. Уже сейчас в институтах микробиологии в маленьких колбах, в желатине, человек выращивает многие нужные бактерии.

Он сумеет получать их в громадных количествах и рассыпать по полям. Бактерии дадут полям удобрения — азотную кислоту; разлагая гипс, извлекут серу. Человек превратит бактерии в силу жизни, в мощного деятеля химии и, используя их, научится извлекать рассеянные в морях металлы, как это делают маленькие акантарии, поглощая и собирая в себе стронций из морских растворов.

В борьбе за недра человек использует всю горную массу: никаких отходов, никаких неиспользованных пустых пород! Всё будет служить промышленности, вся Менделеевская таблица будет использована, а самые распространенные элементы — кремний и алюминий — сделаются основой жизни.



Один из цехов большого металлургического завода.



Сверхредкие вещества потеряют смысл своего названия, войдут в нашу жизнь. С их помощью мы создадим экраны телевизоров и, сидя в своей комнате, сможем вести беседу с аудиторией, находящейся на полотне перед нашими глазами. Телевизоры, построенные на редких металлах, заменят нам старые ящики радиоприемников. Редчайшие элементы будут служить для химических реакций, которые смогут превращать вещества в нужные для жизни продукты.

Особое значение приобретает органическая химия. Вместо сотен тысяч углеродных соединений, которые известны сейчас, миллионы новых структур получит человек, когда он сумеет применять в своих новых установках низкие температуры, близкие к абсолютному нулю, и температуры в миллионы градусов, и давления в сотни тысяч атмосфер.

Тогда из химии углерода будет построено новое здание органической химии. Это будут не только пластмассы, из которых можно изготовить любую вещь — от пуговиц до легких самолетов, не только искусственный каучук, который с успехом начинает заменять естественный, не только замечательные краски, сделавшие ненужными плантации индиго, — нет, это будут новые вещества, близкие к настоящей органической молекуле, к протоплазме, белку... Это будут искусственные питательные вещества, которые сделают лишними сложные химические лаборатории в организмах животных.

Новая химия синтеза использует и другие элементы для того, чтобы строить такие же сложные соединения, какие сумела создать из углерода, кислорода и водорода наша органическая химия. Новые молекулы из кремния, германия, бора и азота уже рисуются мне сейчас в тех замечательных соединениях, которые удалось получить за последние годы химикам, построившим бензольное кольцо не из углерода или водорода, а из двух других элементов земли — азота и бора.

Но для того чтобы химия овладела миром, нужна огромная научная работа; нужны мощные и многочисленные научные институты с совершенными установками высоких давлений и температур, которые должны слиться с заводскими лабораториями.

И здесь, в этих новых дворцах науки, победа будет завоевана новыми смелыми людьми, вооруженными бурно ищущей фантазией, горящими огнем новых исканий.

В таких красках рисуется мне будущее в свете сегодняшнего дня. Но краски эти взяты из окружающей нас природы и из наших знаний. Еще величественнее будут картины более отдаленного будущего, но для них пока нет ни слов, ни красок, ни образов...

Счастье человечества! Такова цель бурных исканий. Новая жизнь родится как результат победы над природой и над косностью самого человека.

Много борьбы придется еще пережить человечеству на этом пути. Борьба за природу, за овладение ее силами, за превращение всего бесполезного в полезное явится одним из могучих рычагов для создания новой жизни.



КОНЕЦ КНИГИ

Вот теперь и конец нашей книги. Нам самим пришлось превратиться в маленький странствующий атом, чтобы пробежаться по сложным путям странствования элементов, взглянуть и в глубины земли и даже на горячие небесные светила и всюду посмотреть, как ведут себя различные атомы в мироздании, в руках человека, что с ними делается в промышленности и народном хозяйстве.

Длинный путь проходят атомы в своей истории, и не знаем мы ему ни конца, ни начала. Совершенно еще не разгаданы нами процессы рождения атомов и начало их странствования на земле. Неясны нам и их судьбы в будущем, сложном будущем нашей планеты.

Мы знаем только, что одни атомы улетают из пределов земли и рассеиваются в межзвездных пространствах, где на один кубический метр приходится не более одного ничтожного атома и где ими занята лишь такая маленькая часть мирового пространства, что ее надо было бы выразить единицей, стоящей за тридцатью нолями после запятой.

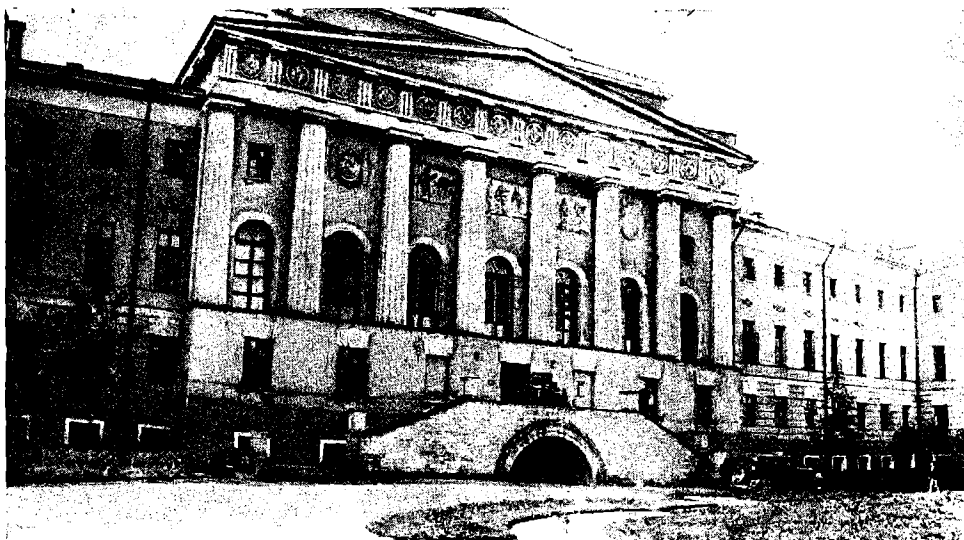
Мы знаем, что другие атомы рассеиваются в самой земной коре, ее почвах, водах, океанах, третьи медленно и постепенно возвращаются в глубины, подчиняясь законам мирового тяготения.

Одни атомы постоянны, неизменны, действительно так прочны, как чистые белые костяные шарики бильярда; вторые, наоборот, упруги, как резиновые мячи, сжимаются, сталкиваясь друг с другом, переплетаются в какие-то сложные постройки, окруженные электрическими полями; третьи разрушаются до основания, до самых глубин своих ядер, излучая энергию и превращаясь в диковинные газы, время жизни которых точно определяется законами распада и измеряется миллионами лет для одних, годами для других, секундами и ничтожными долями секунды для третьих.

Меньше сотни химических элементов строят окружающий нас мир, а как много разнообразия, как различны черты этих атомов, как различно построены их сочетания между собой!

Мы только сейчас начинаем по-новому читать эти замечательные страницы истории химических элементов земли. Геохимия лишь приоткрыла новый мир природы, только началась упорная работа наблюдения за поведением каждого элемента в земной коре, а уже возникла задача завести свой журнал поведения для каждого атома, вникнуть в его





Московский университет.

характерные черты, узнать его недостатки и достоинства, словом, так детально и так глубоко познакомиться с каждым атомом, чтобы из разрозненных фактов построить историю его судеб, историю вселенной.

Каждое звено в истории зависит от еще не разгаданных свойств атома, и сложные, глубокие законы управляют его судьбами как во всем космосе, так и на земле и в руках человека.

Но познать пути атомов нам надо не для того, чтобы просто ради любопытства знать их поведение на земле, — нет, нам надо научиться управлять ими так, как это нужно человеку для его технического, хозяйственного и культурного прогресса.

Мы должны изучать природу, чтобы ее переделать, — говорил Энгельс. В этом заключается большая и почетная задача геохимиков.

Да, мы должны овладеть атомами до конца и суметь из них делать то, что мы хотим, получать сверхтвердые сплавы, которые были бы тверже алмаза, а для этого мы должны знать, как располагаются атомы в сложных их постройках.

Мы должны научиться разгадывать свойства соединений металлов, мы хотим и должны не просто пробовать, а знать наверняка.

Мы должны получать и добывать возможно большее количество атомов таких, как атомы цезия или таллия, которые легко отдают свои наружные электроны. Из них мы хотим построить тончайшие телевизоры, которые будем держать у себя в кармане или записной книжке, прекрасные звуковые киноаппараты размером не больше обыкновенной книги.

Мы хотим, словом, подчинить себе весь атом, подчинить его своей воле, воле торжествующего человека, превращающего все грозные и вредные силы природы в полезные. Мы хотим всю природу, всю Менделеевскую таблицу элементов положить к ногам трудящегося человечества.



Вот смысл и задача нашей геохимической работы, вот для чего мы хотим понять и добыть атом.

Этими словами мы кончаем наш длинный путь!

Но разве, друзья, может быть конец и науке и учению? Будем с вами совершенно откровенны.

Здесь, в самом конце нашей книги, мы, в сущности, оказались в начале наших знаний, и даже если несколько раз перечитаем эту книгу, внимательно просмотрим отдельные картинки, попытаемся запомнить поведение отдельных элементов, всё же должны сознаться, что мы только в самом начале.

Нам придется еще очень много читать и очень много думать и работать, пока мы поймем кое-что в тайнах окружающей нас природы.

Мне остается лишь кратко перечислить те книги и учебники, которые смогут вам оказаться полезными на этом пути.

Список первый. Популярная и занимательная литература

- Андреев Б. Г. Занимательные очерки по химии, 1937 г.
Астапович И. С. и Федынский В. В. Метсоры. Изд-во Акад. наук СССР, 1940 г.
Бронштейн И. Солнечное вещество. Детгиз, Лен. отд., 1935 г.
Бублейников Ф. Д. и Щербаков Д. И. Замечательные геологические явления нашей страны. Изд-во Акад. наук СССР, 1941 г.
Бублейников Ф. Д. и Щербаков Д. И. На поиски руд и минералов. ГОНТИ, 1939 г.
Акад. Вавилов С. И. Глаз и солнце. Изд-во Акад. наук СССР, 1941 г.
Григорьев и Поповский. Рассказ о редких металлах. ГОНТИ, 1938 г.
Гурьев Г. А. Системы мира. Изд-во Акад. наук СССР, 1940 г.
Данько Е. Китайский секрет. Детгиз, 1946 г.
Ефремов И. Пять румбов. Рассказы о необыкновенном. Изд-во «Молодая гвардия», 1944 г.
Зыков А. А. Уголь и химия. Изд-во Акад. наук СССР, 1940 г.
Ильин М. Горы и люди (Рассказы о перестройке природы). Детгиз, 1936 г.
Ильин М. Рассказы о вещах. Детгиз, 1936 г.
Конан-Дойль А. Затерянный мир. Изд-во «Молодая гвардия», 1936 г.
Луганский А. Я. Солнечный газ. ОНТИ НКТП, 1934 г.
Лялицкая С. Дороже золота. Сказки и были соленой земли. Гор. Чкалов, Обл. изд-во, 1940 г.
Нечаев И. Рассказы об элементах. Детгиз, 1944 г.
Нечаев И. Химическое оружие. Детгиз, 1942 г.
Акад. Обручев В. А. Основы геологии (Популярное изложение). М., Госгеол-издат, 1944 г.
Акад. Опарин А. И. Возникновение жизни на земле. Изд-во Акад. наук СССР, 1944 г.
Перельман Я. И. Занимательная астрономия. Изд. 5-е. Техтеоретиздат, 1949 г.
Проф. Полак И. Ф. Общедоступная астрономия. ОГИЗ, 1944 г.
Рэй Ланкестер. Вымершие животные. Биомедгиз, 1936 г.
Рюмин В. В. Занимательная химия. Изд-во «Молодая гвардия», 1935 г.
Акад. Ферсман А. Е. Воспоминания о камне. Изд-во «Молодая гвардия», 1946 г.
Акад. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. Детгиз, 1945 г.
Акад. Ферсман А. Е. Краткое руководство к собиранию минералов. Научное хим.-техн. изд-во, 1920 г.
Акад. Ферсман А. Е. Урал — сокровищница Советского Союза. Профиздат, 1942 г.
Акад. Ферсман А. Е., Жигарев Л. В. и Яковлев А. А. Рассказы о науке и ее творцах. Хрестоматия для всех. Детгиз, 1946 г.
Флоров В. и Юдкевич Р. Металлы будущего. Изд-во «Молодая гвардия», 1944 г.
Ходаков Ю. В. Архитектура кристаллов. Гостехиздат, 1932 г.
Ходаков Ю. Водород. ОНТИ, 1937 г.
Шаскольская М. Кристаллы. Детгиз, 1944 г.

Яковлев А. А. Минералогия для всех. Изд-во Акад. наук СССР, 1947 г.
Яковлев А. А. На разведку недр (О походах школьников и краеведов). Экскурс.-туристич. станция, 1936 г.

Привожу главную справочную литературу по тем проблемам, которые могут вас интересовать в связи с этой книгой.

Список второй. Более серьезная литература для углубления знаний

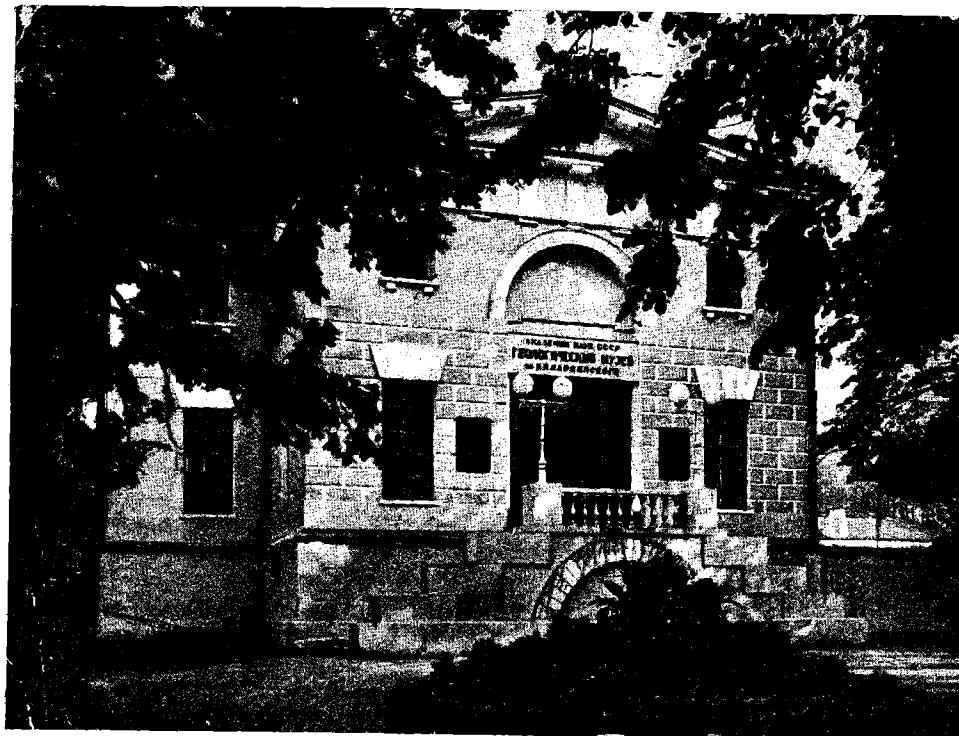


- Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых. ОНТИ, 1937 г.
Блеквуд, Хетчинсон и др. Очерки по физике атома. Изд. 2-е. ГИТТЛ, 1941 г.
Браунс Р. Химическая минералогия. СПб., 1904 г.
Варсонофьева В. А. По горам хребта Уральского. Изд-во Акад. наук СССР, 1943 г.
Акад. Вернадский В. И. История минералов земной коры. Вып. 1 и 2. 1932—1935 гг.
Акад. Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е. Изд-во Акад. наук СССР, 1923 г.
Дарвин К. Д. Современные представления о материи. ОНТИ НКТП, 1937 г.
Зелигман Б. А. и Звонский Н. П. Производство пуговиц из речных ракушек. Гос. изд-во местн. промышл., 1940 г.
Иванов А. А. Калийные соли. Геолиздат, 1930 г.
Кринов Е. А. Метеориты. Изд-во Акад. наук СССР, 1948 г.
Морозов Н. А. В поисках «философского камня». 1908 г.
Морозов Н. А. Периодические системы строения вещества. 1907 г.
Некрасов Б. В. Учебник химии. Ч. I и II. 1946 г.
Нечасов А. В. Минералогия. Изд. 6-е. ГНТИ, 1931 г.
Реми Г. Учебник неорганической химии. Госхимтехиздат ОНТИ, 1933—1934 гг.
Самойло М. В. Химическая жизнь земной коры. Госхимтехиздат, 1934 г.
Советская техническая энциклопедия.
Тиррель Г. В. Вулканы. Перевод с англ. Горгеонфтеиздат, 1934 г.
Акад. Ферсман А. Е. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. Изд-во Акад. наук СССР, 1940 г.
Акад. Ферсман А. Е. Геохимия. Тт. I, II, III и IV. Госхимтехиздат. 1933—1939 гг.
Акад. Ферсман А. Е. Задачи минералогии в нашей стране. Журн. «Записки Минералогического общества», 1945 г.
Акад. Ферсман А. Е. Самоцветы России. Изд-во Акад. наук СССР, 1921 г.
Акад. Ферсман А. Е. Цвета минералов. Изд-во Акад. наук СССР, 1937 г.
Акад. Ферсман А. Е. Химия земли на новых путях. Изд. Московск. общества испытателей природы, 1944 г.
Акад. Фесенков В. Г. Космогония солнечной системы. Изд-во Акад. наук СССР, 1944 г.
Чичерин В. П. Система химических элементов. Законы образования химических элементов. М., 1911 г.
Шубников А. В. Образование кристаллов. Изд-во Акад. наук СССР, 1947 г.
Шербина В. В. Геохимия. Изд-во Акад. наук СССР, 1939 г.

Здесь указан далеко не полный список тех книг, которые следует прочитать, чтобы понять химию земли. Но мы знаем, что часто трудности заключаются не в том, чтобы книги прочесть, а в том, чтобы их достать, найти библиотеку, где они имеются, или получить их на прочтение от товарищей.

Это дело не всегда легкое, особенно для тех, кто живет в глуши, далеко от научных и культурных центров. Но что же поделаешь, — пока нельзя всюду иметь эти редкие книги, надо проявлять энергию и настойчивость, и это всегда приведет к цели.

Что же делать дальше? Прежде всего надо учиться основным наукам — химии, физике, минералогии и геологии. Через эти науки не



Минералогический музей Академии наук СССР.

перешагнешь, и, чтобы сделаться хорошим исследователем природных богатств нашей страны, надо вдумчиво, много раз перечитывать страницы этих книг и овладеть основами химических и минералогических наук.

Надо читать книги вдумчиво, вникать в судьбу каждого элемента, заниматься его поведением в земле, в воде, в воздухе, в технике, в сельском хозяйстве, и на этом пути руководящей звездой всегда будет Менделеевская таблица. Менделеевский периодический закон многому научит.

Он покажет, как атомы связаны между собой не только в таблице, но и в самой природе.

* * *

Но учить вас химии и геохимии будут не только книги, карты и таблицы. Учить новым идеям химических проблем будут и наши музеи, где на выставках по минералогии и геохимии можно многому научиться, где образцы нередко расположены по отдельным химическим элементам, и поэтому мы настойчиво советуем всем, кто интересуется минералами, металлами, солями и их геохимической историей, посещать музеи.





Геологоразведочный музей имени академика Ф. Н. Чернышева в Ленинграде.
Зал полезных ископаемых.

1. Минералогический музей Академии наук, отделение минералогии и геохимии. Москва, Б. Калужская улица, 14.

Крупнейшее собрание минералов Советского Союза. Существует уже 220 лет. Имеется специальная геохимическая выставка.

2. Музей Московского геологоразведочного института имени Орджоникидзе (бывшего Московского университета). Москва, Моховая улица, 11.

3. Музей Горного института. Ленинград, Васильевский остров, 21-я линия, 2.

Совершенно исключительное по полноте собрание минералов со специальной кристалло-химической выставкой.

4. Геологоразведочный музей имени Ф. Н. Чернышева. Ленинград, Васильевский остров, Средний проспект, 72-б.

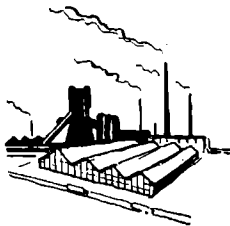
5. Кабинет минералогии и геохимии в Государственном университете. Ленинград, Васильевский остров, Университетская набережная, 7/9.

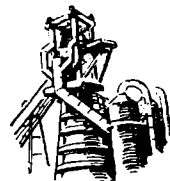
6. Музей Горного института. Свердловск, Сибирский проспект, 65.

Музей был открыт в 1937 году к Международному геологическому конгрессу и дает прекрасную картину геохимии и минералогии всего Урала.

Есть музеи и во многих других городах, нередко при вузах и втузах.

В Киеве имеется хороший музей при Академии наук УССР, в Тбилиси — при Грузинском государственном университете, в Кировске (Хибини) — прекрасный музей в Доме техники.





Всюду музеи могут дать много полезных сведений и показать то достопримечательное, что встречается в данном крае.

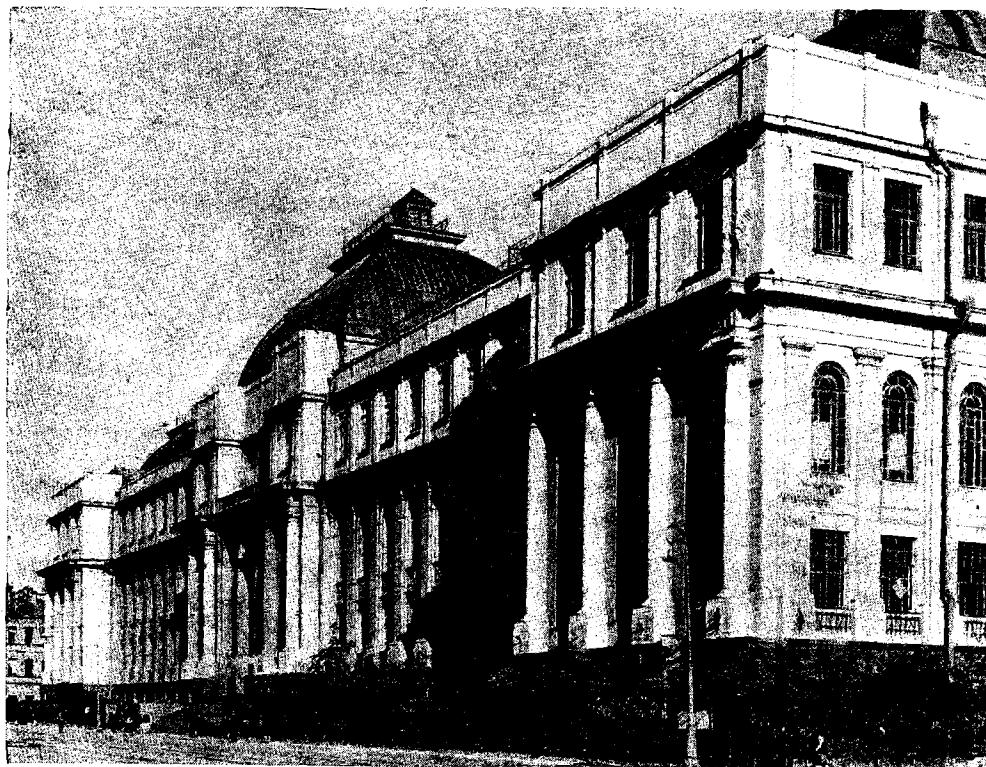
* * *

Учить химии, минералогии и геологии будут также большие металлургические и химические заводы.

Всякий, кто посетил Магнитогорский комбинат, на всю жизнь запомнит, что делается с железной рудой и как из сложного сочетания химических элементов после обработки в доменной печи и в специальных цехах рождается сначала железо, богатое углеродом, а потом и настоящая сталь.

В Соликамске мы узнаем химические и геохимические судьбы калия и магния. Под Москвой и в Вознесенском комбинате увидим, что делается с фтором и серой при их соединении для удобрения наших полей.

В огнедышащих печах заводов ферросплавов Челябинска поймем, как рождается в глубинных недрах расплавленная магма и как из нее кристаллизуется вещество.



Внешний вид Геологоразведочного музея имени Ф. Н. Чернышева в Ленинграде.



Ленинградский ордена Ленина Горный институт.

Словом, всюду на наших больших заводах проходят отдельные странички истории атомов: смешение в сложных процессах атомов разных металлов, извлечение из них различных веществ, чтобы потом снова слить их в новых сочетаниях с другими атомами для получения легированных сталей, сложных суперфосфатов, солей калия, марганца, ванадия и циркония.

Окружающая нас промышленная жизнь всё шире и глубже использует химию в своих промышленных процессах. Нам уже мало обточить камень в кубик мостовой или в наконечник стрелы, мы стремимся сейчас его химически переработать так, чтобы получить наиболее ценное качество и сочетание различных веществ.

Мы отливаем прекрасные кубики для новых, усовершенствованных мостовых, мы вытачиваем из твердой стали острия наших снарядов, мы изменяем природные процессы и превращаем природные вещества в новые ценности.

Мы живем сейчас не только в эпоху химических превращений, но и в период государственного планового развития химических знаний и химической промышленности.

Вот почему на каждом шагу химический процесс окружает нас. Мы должны внимательно к нему присматриваться и его разгадывать.

* * *

Учить геохимии и новым идеям минералогии будет нас и сама природа, ее месторождения металлов, солей и руд. Нигде не научится



молодой исследователь законам химических превращений так, как в самой природе, и поэтому мы зовем всех весной и летом, зимой и осенью в смелый путь по изучению химических процессов земли.

Присматриваясь к ним, вы увидите ранней весной в черных глинах юрских отложений под самой Москвой, как золотые блески колчедана поглощаются светлозеленым выцветом солей купоросов. Вы увидите грандиозную картину изменений и образования железных руд на руднике горы Магнитной, где некогда мощные образования магнитного железняка на земной поверхности стали превращаться сначала в бурые массы минерала нонтронита, а потом сверху покрываться красно-бурыми и ржавыми окисями железа.



Всюду, в рудниках и каменоломнях, на вершинах горных хребтов и в глубоких долинах по обнажениям рек, — всюду вы видите, как изменяется вещество, как один минерал переходит в другой, как новое вещество сменяется третьим. Надо быть только внимательным в своих наблюдениях, и очень скоро каждый заметит, что всё меняется — иногда медленно, спокойно, иногда внезапно, подчиняясь великим законам природы. «Всё течет», — говорили древние греческие философы. «Всё превращается и изменяется», — говорят геохимики наших дней.

Этим мы кончаем нашу книгу. Нам остается только кратко напомнить и дать пять советов:

1. Читай книги по минералогии, химии, физике и полезным ископаемым. Запоминай и внимательно изучай Менделеевскую таблицу.

2. Посещай музеи минералогические, геологические, краеведческие и промышленные.

3. Осматривай заводы, знакомься с производством, вникай в химические процессы, которые в них происходят.

4. Отправляйся летом на рудники, копи, каменоломни, в природу, которая является самой могучей лабораторией земли.

5. Думай об использовании природных богатств своей Родины, ищи их скопления, хранящихся внутри земных недр.

А если что в этой работе будет неясно, трудно, подчас непонятно и, может быть, даже скучно, — ты не унывай, бодро иди вперед на овладение тайнами науки, упорно вникай во все детали изучаемого явления, веря в свои силы и в свою энергию, веря в прекрасные судьбы нашей страны, обильной природными богатствами и творческой силой человека.

* * *

Что же мы узнали из этой книги?

В первой части мы познакомились с тем, как были раскрыты тайны атома, его строение, и как все атомы, по гениальному предвидению Менделеева, предстали перед нами как члены одной семьи.

В двух следующих частях мы проследили за поведением атомов в воде, воздухе и в земных недрах.

Наконец, в четвертой части мы заглянули в будущее и нарисовали несколько увлекательных картин того времени, когда химия и геохимия уже разрешат те вопросы, которые ставят перед нами всё растущие потребности нашей социалистической Родины.

Работать для науки в нашей стране легко и интересно. Не то было пятьдесят лет назад, когда каждое открытие, каждое новое слово встречало враждебный отпор.

Богатства наших недр неисчислимы.

Но их нужно изучать, чтобы подчинить разумной воле социалистического человека. Именно на это и должно быть направлено стремление передовых ученых.

У нас наука идет рука об руку с практической работой, и всякое изучение свойств элементов сразу используется в нашем хозяйстве.

Только в условиях нашего социалистического строя можно освоить эти богатства природы и действительно разумно использовать их на благо трудящегося человечества.

А з о т — Nitrogenium (N). Атомный номер — 7; атомный вес — 14,008. Бесцветный газ, составляющий $\frac{4}{5}$ объема окружающего нас воздуха.

Первые указания на существование азота как особого вещества принадлежат Резерфорду (в 1772 году), однако только Лавуазье доказал, что он является элементом, и дал ему современное название — азот (по-гречески — безжизненный). Латинское название Nitrogenium произошло от «нитрон» — селитра и «генус» — род. В природе, кроме воздуха, азот встречается во всех живых организмах, а также в виде селитр — азотнокислых солей натрия и калия. Свободный азот применяется в электролампах, соединения его имеют громадное значение как удобрение и как составная часть взрывчатых веществ.

А к т и н и й — Actinium (Ac). Атомный номер — 89; атомный вес — 227. Открыт в 1899 году Дебьерном в урановой смоляной руде. Актиний является радиоактивным продуктом распада урана, с продолжительностью периода полураспада 20 лет. В результате дальнейшего распада актиния последовательно образуется ряд радиоактивных элементов, называемых актиниевым рядом. Конечным членом актиниевого ряда является нерадиоактивный свинец с атомным весом 207. Актиний и его соединения мало изучены.

А л а б а м и й — Alabamium (Ab). Атомный номер — 85. Д. И. Менделеев, предвидя его существование, назвал его эка и о д и и предсказал его свойства. В 1931 году в Америке было опубликовано сообщение об открытии элемента 85, названного алабамием, однако сообщение это не подтвердилось, и название алабамий за элементом 85 не закрепилось. См. а с т а т.

А л ю м и н и й — Aluminium (Al). Атомный номер — 13; атомный вес — 26,97. Самый распространенный элемент в земной коре после кислорода и кремния. По весу его в земной коре 7,5%. Серебристо-белый, очень легкий металл. Входит в состав глин, полевых шпатов, слюд и многих других минералов. Главная масса алюминия в природе сосредоточена в алюмосиликатах — минералах, состоящих из алюминия, кремния, кислорода и некоторых металлов. Особенно богаты алюминием бокситы — водные окислы алюминия. Добывается алюминий главным образом из боксита, а также из нефелина. Сплавы алюминия широко применяются в самолетостроении. Выделен был в чистом виде Вёлером в 1827 году. Название произошло от слова «алюмен» — квасцы.

А м е р и ц и й — Americium (Am). В 1945 году опубликовано сообщение о получении Сибгором искусственным путем элемента с атомным номером 95 и атомным весом 241. Свойства его не изучены.

А р г о н — Argon (Ar). Атомный номер — 18; атомный вес — 39,994. Принадлежит к группе благородных газов, которые не дают соединений ни друг с другом, ни с какими-либо другими веществами и этим резко отличаются от всех других элементов. Пассивность аргона и обусловила его название: аргон — по-гречески — недействительный. Открыт Рамзаем и Рэлеем в 1894 году. В природе встречается как составная часть воздуха, содержание аргона в котором около 1%. Употребляется аргон как наполнитель газосветных трубок, давая сине-голубое свечение.

А с т а т — Astatine (At). Атомный номер — 85; атомный вес — 211. Название получил от греческого слова «астатос» — неустойчивый.

Имеет четыре изотопа, быстро распадающихся. Изотоп At 217 имеет наибольший полупериод существования 7,5 часа. Свойства его вполне совпали с предсказаниями Д. И. Менделеева, который дал ему название эка иод.

Барий — Barium (Ba). Атомный номер — 56; атомный вес — 137,36. Открыт в 1774 году Шееле; в чистом виде выделен Дэви в 1808 году. Название произошло от «барус» — тяжелый. Серебристо-белый металл, равный по твердости свинцу, окрашивает пламя в характерный желто-зеленый цвет. Соли бария применяются как хорошая краска.

Бериллий — Beryllium (Be). Один из легких металлов. Атомный номер — 4; атомный вес — 9,02. Открыт в 1797 году Вокелэном и назван им глюцинием благодаря сладковатому вкусу его солей. Однако это название сохранилось лишь во Франции. Название бериллий произведено от минерала берилла. Бериллий очень твердый, но легкий белый металл (удельный вес его — 1,85), устойчивый на воздухе. Применяется для получения сплавов с медью (бериллиевые бронзы), отличающихся твердостью стали и «неутомимостью» при резком изменении нагрузки (часовые пружины). В природе бериллий в виде больших скоплений встречается редко.

Берклий — Berklium (Bk). Атомный номер — 97. Химический элемент из группы актиноидов; получен в 1949 году искусственным путем. Назван по городу Беркли в Калифорнии, в США.

Бор — Boracium (B). Атомный номер — 5; атомный вес — 10,82. Открыт в 1808 году Дэви в Англии и Гей-Люссаком и Тенаром во Франции. Название произошло от слова «богах» — бура. Кристаллический бор, выделенный из расплавленного алюминия, обладает твердостью, близкой к твердости алмаза. В природе бор встречается в виде борной кислоты, буры и в некоторых силикатах (соли кремневой кислоты). Применяется главным образом для изготовления эмалей, а также в медицине. Соединения бора с углеродом и азотом обладают чрезвычайно высокой твердостью.

Бром — Bromum (Br). Атомный номер — 35; атомный вес — 79,916. Открыт Балярдом в 1826 году и назван из-за своего неприятного запаха («бромес» — зловонный). Бром — темная жидкость; как все галогены, чрезвычайно активен, вступает в соединение почти со всеми

элементами, особенно энергично протекает реакция с металлами. При соприкосновении с кожей бром оставляет на ней тяжелые ожоги. В природе встречается преимущественно в виде соединений с металлами калием, натрием и магнием. Богаты бромом соленые озера Крыма. Применяется в медицине и в фотографической промышленности.

Ванадий — Vanadium (V). Атомный номер — 23; атомный вес — 50,95. Открыт в 1830 году Сёвстромом и назван в честь богини Ванадис. Ванадий — металл стально-серого цвета, весьма твердый, но не хрупкий, довольно широко распространен в природе, однако встречается в рассеянном состоянии. Добывается из титано-магнетитовых руд, из битуминозных сланцев. Главная область применения ванадия — производство высококачественной стали, отличающейся большой прочностью, упругостью, сопротивлением разрыву. Применяется как катализатор в химической промышленности; в керамике — как краситель; в фотографии — для тонирования отпечатков, — а также в медицине.

Виргиний — Virginium (Vi). Под этим названием Алисон описал элемент с атомным номером 87. Факт обнаружения не был подтвержден. См. франций.

Висмут — Bismuthum (Bi). Атомный номер — 83; атомный вес — 209,0. Красновато-белый хрупкий металл. Соединения висмута известны были еще в древности, но висмут тогда не отличали от свинца; в самородном виде выделен впервые алхимиком Василием Валентином в XV веке. Легкоплавок. Входит в состав сплавов, применяемых в типографском деле, в различных противопожарных приспособлениях. Интересен сверхпроводимостью тока при температурах, близких к абсолютному нулю.

Водород — Hydrogenium (H). Атомный номер — 1; атомный вес — 1,008. Самый легкий элемент, первый в периодической системе элементов. На долю водорода из всей массы земной коры, считая воду и воздух, приходится около 1%. Водород — бесцветный газ, в 14 раз легче воздуха. Водород был открыт в первой половине XVI века Парацельсом, получившим его действием железа на серную кислоту. В 1766 году Кавендиш установил его свойства и указал отличия от других газов. Лавуазье в 1783 году первый получил водород из воды и доказал, что вода есть химическое соединение водорода с кис-

лородом. На земле водород встречается только в соединениях: в воде, нефти, в тканях живых клеток, а в свободном состоянии — лишь в незначительных количествах в верхних слоях атмосферы. Водород также выделяется при вулканических извержениях. При помощи спектроскопа водород обнаружен на солнце и на звездах. Вещество космоса, по современным представлениям, состоит на 30—50% из свободного водорода, атом которого является основным кирпичиком мироздания. Кроме водорода с атомным весом 1, существуют еще два редких изотопа с атомными весами 2 и 3, которые в соединениях с кислородом дают «тяжелую воду». Водород применяется для наполнения дирижаблей, аэростатов, в которых он, будучи легче воздуха, является подъемной силой, при автогенной сварке, развивая температуру пламени до 2000°, а также в химической промышленности для получения искусственной нефти из каменного угля.

Вольфрам — Wolfram (W). Атомный номер — 74; атомный вес — 183,92. Открыт Шееле в 1783 году в минерале вольфрамите; в чистом виде получен Вёлером лишь в 1850 году. В Англии и во Франции вольфрам называется «тунгстен». Вольфрам — тяжелый металл (удельный вес — 19,1) серебристо-белого цвета, с высокой температурой плавления (3370°). Не окисляется и не растворяется в кислотах, за исключением царской водки. Благодаря тугоплавкости и способности вытягиваться в проволоку толщиной до одной сотой миллиметра идет на изготовление волосков электроламп, для быстрорежущей стали и сверхтвердых сплавов, которые носят названия: победит, видиа, карболой. Победит по твердости близок к алмазу и применяется для бурения самых твердых пород. Вольфрам применяется также для изготовления химической посуды и для контактов как заменитель более дорогой платины.

Гадолиний — Gadolinium (Gd). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 64; атомный вес — 156,9. Открыт был впервые в 1880 году Мариньяком, название свое получил в 1886 году по имени минерала гадолинита.

Галлий — Gallium (Ga). Атомный номер — 31; атомный вес — 69,72. Один из элементов, свойства которого были предсказаны Д. И. Менделеевым (экаалюминий). Открыт в 1875 году Лекок де Буабодраном спектральным методом и назван в честь Франции (старинное ее на-

звание — Галлия). Галлий — серебристо-белый мягкий металл с очень низкой температурой плавления 29,8° (плавится в руке), но с температурой кипения 2300°; твердый галлий легче жидкого и поэтому плавает на своем расплаве. Принадлежит к числу редких рассеянных элементов, применяется для изготовления термометров, которыми можно измерять высокие температуры, а также для изготовления светящихся составов. Употребляется также для получения оптических зеркал.

Гафний — Hafnium (Hf). Атомный номер — 72; атомный вес — 178,6. Хотя гафний является более распространенным элементом, чем золото и серебро, и встречается в некоторых минералах в количестве до 30%, открыт он был лишь в 1923 году Костером и Гевеши. Этому способствовала чрезвычайная близость его химических свойств к цирконию, от которого гафний трудно отделим. Металлический гафний весьма тверд и имеет очень высокую температуру плавления — около 2200°. В виде окислов входит в сплавы для нитей электронных ламп. Намечается применение его в радиопромышленности и в качестве сверхогнеупора. Название происходит от древнего названия столицы Дании — Копенгагена (Hafnia).

Гелий — Helium (He). Благородный газ. Атомный номер — 2; атомный вес — 4,003. Спектроскопически линии гелия впервые были открыты Жансеном в 1868 году в атмосфере солнца. На земле его открыл Рамзай в 1895 году, выделив этот газ из минерала клевеита. Название произошло от слова «гелиос» — солнце. После водорода гелий является самым легким из всех газов; он в 8 раз легче воздуха. В природе встречается не только в атмосфере, но и выделяется из недр земли вместе с другими природными газами. Гелий образуется при радиоактивном распаде элементов; альфа-частица, вылетающая из ядра атома радиоактивного элемента, представляет собой положительно заряженное ядро гелия. Используется гелий для заполнения дирижаблей вместе с водородом, предохраняя последний от взрывов. При помощи испарения гелия получена самая низкая температура на земле — почти минус 273°.

Германий — Germanium (Ge). Атомный номер — 32; атомный вес — 72,60. Один из элементов, свойства которого были предсказаны Д. И. Менделеевым (экасилиций). Открыт в

1886 году Винклером спектральным методом. Обладает как металлическими, так и металлоидными свойствами. Один из наиболее редких элементов; имеет весьма ограниченное применение — в радиотехнике для изготовления светящихся составов и при производстве специальных сортов стекла.

Гольмий — Holmium (Ho). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 67; атомный вес — 164,94. Открыт шведским химиком Клеве в 1880 году. Цвет солей гольмия розовый. Назван по имени столицы Швеции — Стокгольм.

Диспрозий — Dysprosium (Dy). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 66; атомный вес — 162,46. Открыт был Лекок де Буабодраном в 1886 году. Название получил от греческого слова «диспрозитос» — труднодоступный.

Европий — Europium (Eu). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 63; атомный вес — 152,0. Открыт Демерсэ в 1901 году. Соли европия розового цвета.

Железо — Ferrum (Fe). Атомный номер — 26; атомный вес — 55,85. Известно с глубокой древности. Название, вероятно, связано с санскритским корнем «жель» — блестеть, пылать. Легко окисляется и вообще соединяется с другими элементами, поэтому трудно его получить в чистом виде. Металлическое железо имеет стально-серый цвет, ковко. Обладает наивысшими магнитными свойствами из всех металлов. Соединения железа с углеродом (стали, содержащие углерода 0,2—2%, и чугуны — 2,5—4%) представляют основу металлургической промышленности нашего века. Главнейшие руды: красный железняк, или гематит, — Fe_2O_3 , магнитный железняк — Fe_3O_4 , углекислое железо, или сидерит, — FeCO_3 и гидроокислы железа — $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Количество железа в земной коре составляет 4,7%, в космосе его больше. Горные породы, в которых содержание железа более 30%, называют железными рудами. Запасы железа в таких рудах во всем мире выражаются цифрой 10 миллиардов тонн.

Золото — Aurum (Au). Атомный номер — 79; атомный вес — 197,2. Известно с глубокой древности. Название может быть связано с древним корнем «гело» — желтый. Золото — ковкий и мягкий металл, очень устойчивый против химического воздействия окислителей. Растворяется только в царской водке. Неохотно вступает в со-

единения с другими элементами, в природе известны лишь его соединения (сплавы) с серебром и теллуром. Удельный вес химически чистого золота 19,37 (природного, содержащего 15—25% серебра, — 15—16). Плавится при 1060°, кипит при 2677°. Тонкие листочки золота просвечивают зеленым цветом. Золото — валютный металл, и этим, главным образом, определяется его значение. Технические же применения незначительны: зубы, контакты, золочение изделий, для фотографии и для медицины.

Иллий — Ilinium (Il). Элемент из группы редких земель с атомным номером 61. Название иллий за элементом 61 не закрепилось. Сейчас этот элемент получен искусственно и назван прометий (Pm).

Индий — Indium (In). Элемент с атомным весом 114,76; атомный номер его — 49. Открыт в 1863 году спектральным путем Рейхом и Рихтером; назван по темносиним, цвета индиго, линиям спектра. В свободном состоянии индий представляет серебристо-белый металл, по твердости мягче свинца. Относится к мало распространенным рассеянным элементам в природе; богатые им минералы неизвестны; в виде же незначительных примесей соединения индия содержатся в рудах многих металлов, особенно с цинком. Индий является лучшим металлом для изготовления зеркал.

Иод — Iodum (I). Атомный номер — 53; атомный вес — 126,92. Типичный металлоид. При обычных условиях иод — твердое тело, легколетучее и хорошо растворимое в ряде растворителей. Открыт был в 1811 году Куртуа. В промышленности получают его из чилийской селитры в количествах до 1000 тонн ежегодно. Встречается также в нефтяных водах, в морских водорослях, из которых тоже извлекается. Принадлежит к рассеянным в природе элементам. Назван от греческого слова «иодес» — фиолетовый, по цвету его паров. Находит широкое применение в медицине, в рентгенотерапии, для получения поляризационных стекол, в фотографии и в красителях.

Иридий — Iridium (Ir). Атомный номер — 77; атомный вес — 193,1. Был открыт Теннантом в 1803 году в платиновых рудах. Название получил от слова «иридис» — радужный (по разноцветным растворам его солей). Один из наиболее тяжелых металлов (удельный вес — 22,4). Отличается большой твердостью, химической

устойчивостью; плавится при 2454°. По химическим свойствам близок к родию. В природе встречается как спутник платины. Применяется в чистом виде для тиглей, электропечей с высокой температурой нагрева, термоэлементов. Имеет большое применение в сплавах.

Иттербий — Ytterbium (Yb). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 70; атомный вес — 173,04. Открыт в 1878 году Мариньяком, установившим, что элемент эрбий содержит «новую землю». Название произошло от маленького шведского городка Иттерби.

Иттрий — Yttrium (Y). Атомный номер — 39; атомный вес — 88,92. По своим свойствам и совместно нахождению в природе очень близок к семейству лантаноидов и причисляется к группе редких земель. В больших количествах в природе встречен в минералах ксенотиме и гадолините. Открыт был в 1794 году Гадолином, в чистом виде получен впервые Вёлером в 1828 году. Практическое применение пока незначительно.

Кадмий — Cadmium (Cd). Атомный номер — 48; атомный вес — 112,41. Серебристо-белый металл. Открыт в 1817 году Штрөмейером и назван от греческого слова «кадмес» — руда цинковая. По своим свойствам очень сходен с цинком и в природе его постоянно сопровождает. Применяется для покрытия железа вместо цинка, для увеличения прочности медных проводов, в легкоплавких сплавах, для получения желтой краски.

Калий — Kalium (K). Атомный номер — 19; атомный вес — 39,096. Впервые был выделен в 1807 году Дэви электролизом из едкого кали. Название от арабского слова «алкали» — щелочь. В природе в свободном состоянии не встречается, но широко распространен в виде силикатов и галоидов. Калий — металл серебристо-белого цвета, на воздухе быстро окисляется, почему и хранится в керосине. Мягок, как воск; температура плавления 63,5°, кипения 762°; легче воды (удельный вес — 0,862). Дает с натрием сплав, жидкий при обыкновенной температуре, который может заменить ртуть в термометрах. Металлический калий имеет применения незначительные, так как заменяется более дешевым натрием.

Калифорний — Californium (Cf). Атомный номер — 98. Химический элемент из группы актиноидов; получен в 1949 году искусственным путем; самый тяжелый из всех известных в на-

стоящее время элементов. Назван по имени штата Калифорния, в США.

Кальций — Calcium (Ca). Атомный номер — 20; атомный вес — 40,08. Открыт Дэви и Берцелиусом в 1808 году. Название от «калькс» — мягкий камень (известняк). Принадлежит к группе щелочноземельных металлов; это ковкий, довольно твердый белый металл, плавящийся при температуре около 800°, кипит при 1240°. В природе широко распространен в виде углекислых, сернокислых и кремнекислых солей. Его среднее содержание в земной коре — 3,4%, и только четыре элемента (O, Si, Al, Fe) встречаются в больших количествах. Особого применения пока не имеет.

Кассиопей — Cassiopeum (Cp). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 71; атомный вес — 174,99. Открыт в 1907 году одновременно Ауэром в Германии и Урбаном во Франции. Первый назвал его кассиопеем, второй — лютецием по древнему названию Парижа. В литературе приняты оба обозначения, у нас применяется название кассиопей.

Кислород — Oxygenium (O). Атомный номер — 8; атомный вес — 16,00. Название буквально значит «рождающий кислоту». Открыт в 1774 году Пристлеем. Чрезвычайно распространен в природе, составляя по весу 49,5% земной коры. Играет огромную роль в природных процессах, входит в состав воды, большинства минералов, организмов. Используется широко в металлургии (при выплавке чугуна), для автогенной сварки в смеси с водородом или ацетиленом и в ряде химических производств; жидкий кислород или жидкий воздух применяются как сильные взрывчатые вещества.

Кобальт — Cobaltum (Co). Атомный номер — 27; атомный вес — 58,94. Открыт в 1735 году Брандтом и назван от слова «кобольд» — горный дух, гном. Металл серовато-белого цвета, значительной твердости, ковкий, тягучий, плавится при 1490°. Магнитен, но менее, чем железо. В раздробленном состоянии может поглощать большие количества водорода. По физическим и химическим свойствам близок к железу. В природе встречается: в метеоритах — в сплавах с никелем и железом, в земной коре — в соединениях с мышьяком и серой. Применяется для получения специальных сталей, как краситель в синий цвет стекол и эмалей и как катализатор для получения моторного топлива из углей.

Кремний (силиций) — Silicium (Si). Атомный номер — 14; атомный вес — 28,06. После кислорода самый распространенный элемент. В природе никогда не встречается в свободном виде, а образует соединения с кислородом (так называемый кремнезем — SiO_2) или соли кремневой кислоты (силикаты). Из кремнезема состоит минерал кварц и многочисленные его разновидности. Важнейшие технические продукты, как: стекло, фарфор, цемент, кирпич, — в основном состоят из силикатов, равным образом и главные горные породы: гранит, базальт, сиенит и другие. Открыт Гей-Люссаком и Тенаром в 1811 году. Однако его природа как элемента была установлена лишь в 1823 году Берцелиусом. Название «кремний» произведено от латинского «лапис-креманс» — производящий огонь. Латинское название «силиций» — от слова «силекс» — камень.

Криптон — Krypton (Kr). Атомный номер — 36; атомный вес — 83,7. Благородный газ, открытый Рамзаем и Траверсом в 1898 году, назван от греческого слова «криптос» — скрытый. В природе встречается как составная часть воздуха, в котором содержится в ничтожном количестве.

Ксенон — Xenon (Xe). Атомный номер — 54; атомный вес — 131,3. Благородный газ, открытый в 1898 году Рамзаем и Траверсом одновременно с криптоном и неоном. Название от греческого «ксенос» — чужой. В природе встречается в виде ничтожной примеси в воздухе. Тяжелее воздуха в четыре с половиной раза.

Кюрий — Curium (Cm). В 1945 году опубликовано сообщение о получении Сиборгом искусственным путем элемента с атомным номером 96 и атомным весом 244, который он назвал в честь Марии Склодовской-Кюри. Изучены два изотопа — с периодом полураспада 30 дней и с полупериодом 150 дней.

Лантан — Lanthanum (La). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 57; атомный вес — 138,92. Открыт в 1839 году Мозандером и назван от греческого слова «лантанейн» — скрываться. Входит как составная часть в сплав, употребляемый для «кремней» в зажигалках.

Литий — Lithium (Li). Самый легкий металл. Атомный номер — 3; атомный вес — 6,940. Открыт в 1817 году Арфедсоном; назван от слова «литос» — камень. Относится к группе щелочных металлов, отличается очень сильной химической активностью и по своим свойствам близок к ка-

лию и натрию. Литий легче воды (удельный вес — 0,534). Соли лития окрашивают пламя в яркокрасный цвет. Встречается литий в природе только в соединениях; следы лития обнаруживаются в водах многих минеральных источников. Употребляется для изготовления аккумуляторов для подводных лодок, в специальных сплавах, при сварке алюминиевых изделий.

Лютеций — Lutecium (Lu) — принятое в некоторых странах название элемента кассиопея.

Магний — Magnesium (Mg). Атомный номер — 12; атомный вес — 24,32. Открыт Дэви в 1808 году посредством электролиза. Назван по минералу «магнезия альба» (Магнезия — местность в Греции, «альба» — белый). Щелочноземельный металл. Широко распространен в природе: 2,5% веса земной коры; входит в состав горных пород — карбонатов и силикатов. Растворенные соли магния находятся в огромном количестве в морской воде. Легкий (удельный вес — 1,74) и ковкий, химически очень активен, однако в сплавах устойчив. В последнее время имеет значительные применения в авиационной промышленности в виде магниевых-алюминиевых сплавов.

Мазурий — Masurium (Ma). Атомный номер — 43; существование его было предсказано Д. И. Менделеевым (экамарганец). Открыт был в 1924 году супругами Ноддак при помощи рентгеновского анализа и назван по имени провинции Мазурия в бывшей Восточной Пруссии. До сих пор не выделен в необходимых для определения основных свойств количествах. Факт его открытия в настоящее время не признается. См. технеций.

Марганец — Manganum (Mn). Атомный номер — 25; атомный вес — 54,93. Открыт в 1774 году Шееле в минерале пиролюзите (природная двуокись марганца, называвшаяся иногда «магнезия нигра» — черная магнезия, откуда и название элемента). Металл серебристо-белый, твердый. Очень распространен в природе, образует скопления черного пиролюзита в осадках моря. Употребляется в металлургии для улучшения качества стали, в красочной промышленности и во многих химических производствах.

Медь — Cuprum (Cu). Атомный номер — 29; атомный вес — 63,57. Известна с глубокой древности. Названа по острову Кипр, где в древности существовало широкое производство медных предметов. Красный ковкий металл. Употребляется в чистом виде в электротехнике,

отличается высокой электропроводностью и теплопроводностью. В сплавах с оловом и цинком — бронза и латунь — также имеет широкое применение. В природе встречается главным образом в соединении с серой, реже в самородном виде.

Молибден — Molybdenium (Mo). Атомный номер — 42; атомный вес — 95,95. Открыт Гельмом в 1782 году, однако чистый молибден получен Муассаном лишь в 1895 году. Название происходит от греческого слова «молибдос», что значит «свинец», ввиду сходства последнего с минералом молибденитом. В природе встречается главным образом в виде молибденита или молибденового блеска (MoS_2) — минерала, по внешнему виду похожего на графит. Молибден — серовато-белый металл, тверд, ковков при высокой температуре. Металлический молибден употребляется в виде сплавов со сталью, давая продукт высокой твердости и прочности. Сплав с вольфрамом заменяет платину. Молибден употребляется также в качестве антикатада в рентгеновских трубках и для крючков, поддерживающих накаливаемый вольфрамовый волосок в электрических лампочках. Соединяясь с углеродом, дает карбид MoC_2 — продукт высокой твердости.

Мышьяк — Arsenicum (As). Атомный номер — 33; атомный вес — 74,91. Название «мышьяк» значит «мышинный яд»; латинское название происходит от «арсеникон» — минеральной краски. Известен с глубокой древности. Хрупкий буровато-черный летучий металл с чесночным запахом. Возгоняется, не плавясь, при 633° . При давлении в 36 атмосфер и при температуре 818° плавится. Как сам, так и его растворимые соли ядовиты. Применяется в сплавах со свинцом и медью, входит в состав веществ для борьбы с вредителями сельскохозяйственных продуктов (фунгусидов); в стекольной промышленности для обесцвечивания стекол.

Натрий — Natrium (Na). Атомный номер — 11; атомный вес — 22,997. Открыт Дэви в 1807 году посредством электролиза едкого натрия; в Петербурге с большим успехом опыты Дэви повторил самоучка-химик Семен Прокофьевич Власов. Назван от арабского слова «натрон» — сода, щелочь. Натрий — серебристо-белый металл, мягкий, как воск, окисляющийся на воздухе (хранится в керосине), легче воды (удельный вес — 0,971). Широко распространен в природе в виде силикатов и галоидных солей. Сам он и его соли широко применяются в промыш-

ленности (поваренная соль, сода, глауберова соль и т. д.).

Неодим — Neodymium (Nd). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 60; атомный вес — 144,27. Открыт Ауэром в 1885 году в результате разделения ранее принимавшегося за элемент диимия на два: неодим — «новый близнец» — и празеодим. Цвет солей неодима розово-красный.

Неон — Neon (Ne). Атомный номер — 10; атомный вес — 20,183. Благородный газ; открыт Рамзаем и Траверсом в 1898 году одновременно с криптоном и ксеноном. Назван от греческого «неос» — новый. Встречается как ничтожная примесь в воздухе. Употребляется для наполнения газосветных ламп (неоновые лампы), которые светятся красным светом.

Нептун — Neptunium (Np). Атомный номер — 93. В настоящее время известны два изотопа: один с атомным весом 237, другой с атомным весом 239. Первый из зауронов элементов. Получен в 1940 году Мак-Милланом и Абельсоном искусственно, путем облучения урана нейтронами. Радиоактивен. Период полураспада первого изотопа свыше двух миллионов лет, второго — два-три дня. Обнаружен в ничтожных количествах и в природных условиях. Назван по имени Нептуна — планеты, следующей за Ураном в солнечной системе.

Никель — Niccolum (Ni). Атомный номер — 28; атомный вес — 58,69. Название произошло от минерала купферникель, что значит «негодная медь». Открыт Кронштедтом в 1751 году. Никель — серебристо-белый, довольно твердый металл, с температурой плавления 1455° . Встречается в природе или в соединении с серой, или в виде силикатных руд. Широко применяется для никелирования, для изготовления специальных сталей и как катализатор.

Ниобий — Niobium (Nb). Атомный номер — 41; атомный вес — 92,91. Один из редких элементов. Открыт Гатчеттом в 1801 году и назван им колумбием (Cb). В 1846 году Розе разделил колумбий на два элемента: ниобий и тантал. В чистом виде он был получен в 1907 году. В Америке сохранилось название колумбий, в европейских странах принято — ниобий. Назван по имени нимфы Ниобеи, дочери Тантала. Ниобий — металл серовато-белого цвета, тверд, ковков и отличается чрезвычайной устойчивостью по отношению к различным химическим воздей-

ствиям. В природе встречается в тесной связи с танталом и титаном. Применяется в специальных сплавах и сталях для изготовления ответственных сварных конструкций, так как при добавлении ниобия резко повышает устойчивость сварных швов. Идет для изготовления сверхтвердых сплавов; серьезный интерес представляет возможность использования ниобия в электровакуумной технике.

О л о в о — Stannum (Sn). Атомный номер — 50, атомный вес — 118,70. Один из первых металлов, известных человечеству с глубокой древности (бронзовый век). В свободном состоянии серебристо-белый металл, весьма ковкий и тягучий; удельный вес — 7,28; плавится при 232°. При температуре ниже плюс 18° олово переходит в серую разновидность. При сгибании палочек олова слышится характерный треск, вероятно вследствие трения отдельных кристаллов друг о друга. Под действием воды и воздуха олово не изменяется; благодаря этому свойству широко применяется для покрытия железа (так называемая жесть, расходоуемая главным образом для консервных банок). Большое значение имеют сплавы с оловом: баббиты, бронза. Встречается в природе в виде минерала касситерита (SnO_2).

О с м и й — Osmium (Os). Атомный номер — 76; атомный вес — 190,2. Относится к группе платиновых металлов. Открыт в 1803 году Теннантом и назван от греческого «осме» — пахнущий, так как пары осмистого ангидрида пахнут гнилой редькой. Малоактивный элемент, весьма устойчив в химическом отношении. Имеет удельный вес 22,48 — наибольший из всех веществ на земле. Температура плавления 2500°. Встречается в природе в самородном состоянии вместе с платиной. Сплав осмия с иридием отличается исключительной твердостью — идет на наконечники «вечных перьев».

П а л л а д и й — Palladium (Pd). Атомный номер — 46; атомный вес — 106,7. Элемент из платиновой группы. Открыт в 1803 году Волластоном и назван в честь малой планеты (астероида) Паллады. Наиболее ковкий и мягкий из всех элементов платиновой группы. Замечателен своей способностью поглощать огромное количество водорода (до 300 объемов на 1 объем металла), сохраняя при этом металлический вид, но увеличиваясь в объеме. Благодаря красивому внешнему виду применяется в ювелирном деле.

П л а т и н а — Platinum (Pt). Главнейший из

элементов платиновой группы. Атомный номер — 78; атомный вес — 195,23. Открыта платина в золотоносном песке реки Пинто в 1838 году Антонио Уллоа, как самостоятельный элемент описана Уотстоном (1750 г.). Название произошло от испанского «платина»: уменьшительное от слова plato — серебро. Удельный вес — 21,4; температура плавления 1773,5°. Блестящий ковкий металл, не изменяющийся на воздухе даже при самом сильном накаливании. Благодаря тугоплавкости и сопротивляемости химическим воздействиям находит широкое применение в научных и технических лабораториях. В природе встречается в самородном виде. Наибольшее количество платины добывается из россыпей.

П л у т о н — Plutonium (Pu). Атомный номер — 94. Заурановый элемент, следующий за нептуном. Открыт в конце 1940 года Сиборгом путем бомбардировки урана дейтронами — ядрами тяжелого водорода. Радиоактивен. В настоящее время известны два изотопа: изотоп с атомным весом 239, имеющий период полураспада 24 100 лет, и изотоп с атомным весом 238, с периодом полураспада 50 лет; первый является более важным. В 1942 году впервые в истории науки было извлечено достаточное для химических исследований количество искусственно полученного элемента. Этим элементом и был плутон. Ядро плутона способно легко распадаться с выделением огромного количества энергии, называемой атомной энергией. Назван он по имени планеты Плутон, следующей за планетой Нептун.

П о л о н и й — Polonium (Po). Атомный номер — 84; атомный вес — 210. Радиоактивный элемент. Открыт Марией Кюри в 1898 году и назван в честь ее родины Польши (Polonia). В чистом виде не получен. По химическим свойствам очень близок к теллуру и является членом уранового ряда радиоактивных элементов с периодом полураспада 137,6 дня.

П р а з е о д и м — Praseodymium (Pr). Элемент из группы редких земель. Атомный номер — 59; атомный вес — 140,92. Открыт в 1885 году Ауэром вместе с неодимом. Название получил от греческих слов «празеос» и «диديمос» — зеленый близнец. Соли его зеленого цвета.

П р о м е т и й — Prometheum (Pm) — см. и л и н и й.

П р о т а к т и н и й — Protactinium (Pa). Атомный номер — 91; атомный вес — 231. Радиоактивный элемент. Открыт в 1917 году Ганом и Лизой

Мейтнер. В 1927 году Гроссе выделил свободный протактиний в количестве сотых долей грамма. Представляет собой серебристо-белый металл. Название получил от греческих слов «протос» и «актинос» — первый луч. Встречается в природе вместе с ураном, являясь одним из продуктов его распада. Продолжительность периода полураспада протактиния 3 200 лет.

Радий — Radium (Ra). Атомный номер — 88; атомный вес — 226,05. Радиоактивный элемент уранового ряда, открытый в 1898 году супругами Кюри в урановой смоляной руде. Название получил от слова «радиус» — луч. Радий — металл серебристого цвета, разлагающий при обыкновенной температуре воду. По химическим свойствам он очень близко подходит к бария, поэтому соли радия очень трудно отделять от солей бария. Наиболее замечательное свойство радия — сильная радиоактивность, в несколько миллионов раз превышающая радиоактивность урана. Радий испускает альфа-, бета- и гамма-лучи. Соли радия светятся в темноте; испускаемые им лучи обладают способностью, кроме воздействия на фотопластинку, вызывать многие химические реакции, разрушающе действовать на животные организмы, убивать бактерии. Особенно поразительной является способность радия непрерывно выделять большое количество энергии. Продолжительность периода полураспада радия ~ 1 600 лет (1 580). Применяется в медицине для лечения рака, волчанки.

Радон — Radon (Rn). Атомный номер — 86; атомный вес — 222. Самый тяжелый благородный газ; является продуктом радиоактивного превращения радия. Недолговечен: период полураспада равен 3,85 дня; превращается в гелий и твердое вещество радий А. Открыт Дорном в 1900 году. Название — от одного корня со словом «радий». Радон назывался также эманацией радия и нитоном. Используется для лечения рака.

Редкие земли — Terra Rarae (TR). В 57-й клетке Менделеевской таблицы помещены не один, как в других клетках, а 15 элементов, очень близко родственных друг другу. Их атомные номера — от 57 до 71. Эти элементы объединяют под общим наименованием редкие земли, или семейство лантаноидов. К редким землям относятся: лаптан, церий, празеодим, неодим, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий. Различают две

группы редких земель — иттриевую и цериевую. По своим свойствам редкие земли чрезвычайно похожи друг на друга. В свободном состоянии это металлы с высокими точками плавления, они разлагают воду при обыкновенной температуре. В природе всегда встречаются смешанными друг с другом. Разделение редких земель представляет большие трудности. Главнейшим содержащим редкие земли минералом является монацит. Практическое значение пока приобрел церий. История открытия отдельных представителей редких земель довольно сложна. Впервые существование «новой земли» было обнаружено в 1794 году Гадолином; последним из редких земель был открыт лютеций, и недавно искусственно получен № 61 — прометий. Дополнительные данные об отдельных элементах редких земель см. под соответствующим их названием.

Рений — Rhenium (Re). Атомный номер — 75; атомный вес — 186,31. Один из наиболее рассеянных элементов, открытый лишь в 1925 году супругами Ноддак. Название получил от реки Рейн. Его свойства были предсказаны Д. И. Менделеевым. По внешнему виду металлический рений напоминает платину. Он является одним из самых тяжелых и тугоплавких элементов. Металл представляет особый интерес для электротехнической промышленности, так как является материалом для изготовления нитей электроламп более долговечных, чем вольфрамовые. Применяется и в виде сплава. В природе встречается в минерале молибдените в количестве, не превышающем стотысячной доли процента.

Родий — Rhodium (Rh). Атомный номер — 45; атомный вес — 102,97. Элемент платиновой группы. Открыт в 1803 году Волластоном и назван от греческого «родон» — розовый, так как соли его имеют розовую окраску. В природе встречается в самородном состоянии вместе с платиновыми элементами. Из сплава платины с родием изготовляют приборы для измерения высоких температур (термопары).

Ртуть — Hydrargyrum (Hg). Атомный номер — 80; атомный вес — 200,61. Единственный металл, при обыкновенных условиях находящийся в жидком состоянии. Ртуть известна с глубокой древности. Название элемента произошло от греческих слов «хюдар аргирос» — жидкое серебро. Застывает при температуре минус 39,3°; кипит при 357°. Удельный вес — 13,6. Растворяет многие металлы (золото, серебро, олово), давая жидкие

и твердые сплавы, называемые амальгамами. Пары ртути очень ядовиты. Применяется для наполнения различных приборов (например, термометров), в медицине, для извлечения из руд золота и для приготовления гремучей ртути — одного из важнейших детонаторов. В природе встречается в виде минерала киновари (HgS).

Рубидий — Rubidium (Rb). Атомный номер — 37; атомный вес — 85,48. Элемент из группы щелочей. Открыт Бунзеном в 1861 году спектральным анализом. Назван по характерным для рубидия красным линиям спектра («рубидус» — темнокрасный). По своим свойствам очень близок к натрию и калию. Удельный вес — 1,52; температура плавления 39° ; температура кипения 696° . Встречается в природе в крайне рассеянном состоянии; наибольшие его количества (до 0,1%) обнаружены в амазонском камне (зеленый полевой шпат); в заметных количествах установлен в минерале карналлите. Рубидий радиоактивен, испускает только бета-лучи, превращаясь в стронций. Период его полураспада — 70 миллиардов лет.

Рутений — Ruthenium (Ru). Атомный номер — 44; атомный вес — 101,7. Элемент платиновой группы. Открыт в 1844 году русским ученым Клаусом в городе Казани и назван в честь России (Ruthenia по-латыни — Россия). Хрупкий. Удельный вес — 12,26; температура плавления $\sim 1950^\circ$. В природе встречается вместе с другими элементами платиновой группы. Крайне редок и поэтому не нашел применения.

Самарий — Samarium (Sm). Атомный номер — 62; атомный вес — 150,43. Элемент из группы редких земель. Открыт Лекок де Буабодраном в 1879 году и назван по минералу самарскиту. Цвет пламени вольтовой дуги окрашивается солями самария в розово-красный цвет. Самарий радиоактивен, испускает только альфа-лучи, превращаясь в неодим.

Свинец — Plumbum (Pb). Атомный номер — 82; атомный вес — 207,21. Известен с глубокой древности. Свинец — мягкий голубовато-серый тяжелый металл. Удельный вес — 11,34; температура плавления 327° . Имеет много применений. Главное его применение — изготовление покрышек для кабелей и пластин для аккумуляторов; большое количество идет на изготовление пуль, дробы. Свинец входит в состав многих сплавов: баббитов, типографского сплава и других. Соединения свинца употребляются как белая краска.

В природе встречается главным образом в виде свинцового блеска, или галенита — PbS , из которого и добывается свинец.

Селен — Selenium (Se). Атомный номер — 34; атомный вес — 78,96. Открыт Берцелиусом в 1817 году; название получил от греческого слова «селене» — луна. Проводит электрический ток, причем сопротивление меняется от освещенности. На этом основано главное применение селена как фотоэлемента. По своим химическим свойствам близок к сере и особенно к теллуру. Удельный вес — 4,8; температура плавления $220,2^\circ$; температура кипения 688° . В природе встречается в рассеянном состоянии как небольшая примесь к сере. Кроме фотоэлементов, селен употребляется в электротехнике, в резиновой и стекольной промышленности, а также в телевидении. Применение его, однако, крайне ограничено.

Сера — Sulfur (S). Атомный номер — 16; атомный вес — 32,06. Известна с глубокой древности. Имеет несколько видоизменений: ромбическая, моноклинная, аморфная. Кристаллы серы светложелтого цвета. В природе сера очень распространена как в самородном виде, так и в виде сернистых руд и солей серной кислоты (гипс, ангидрит и другие). Применяется для получения серной кислоты, при борьбе с вредителями сельского хозяйства (филоксерой), в резиновой промышленности. Входит в состав охотничьего пороха, спичек, бенгальских огней, ультрамарина (синяя краска); применяется также в медицине.

Серебро — Argentum (Ag). Атомный номер — 47; атомный вес — 107,88. Благородный металл. Известно со времен глубокой древности. Чистое серебро белого цвета, очень мягко и тягуче. Удельный вес — 10,5; температура плавления $960,5^\circ$; близко по своим свойствам к золоту и меди; на воздухе не изменяется, обладает большой ковкостью. Лучше всех металлов проводит тепло и электрический ток. В природе встречается в виде самородного серебра и в виде соединений с серой и хлором. Сплавы серебра служат для изготовления домашней утвари, ювелирных изделий, серебряных монет. Название произошло от санскритского слова «аргенос» — ясный.

Скандий — Scandium (Sc). Атомный номер — 21; атомный вес — 45,10. Один из самых рассеянных в природе элементов. Его суще-

ствование было предсказано Д. И. Менделеевым в 1871 году (экабор). Открыт был Нильсоном в 1879 году путем спектрального анализа. Свойства скандия мало изучены. Название свое получил от Скандинавского полуострова.

Стронций — Strontium (Sr). Атомный номер — 38; атомный вес — 87,63. Принадлежит к щелочноземельным металлам. Открыт был в 1790 году Гренфордом. Металлический стронций выделен был впервые Дэви в 1808 году. Стронций — серебристо-белый металл; химически очень активный, поэтому в природе встречается только в соединениях. Окрашивает пламя в красный цвет. Применяется в пиротехнике и отчасти в сахарной промышленности.

Сурьма — Stibium (Sb). Атомный номер — 51; атомный вес — 121,76. Известна была еще с древности; в свободном состоянии получена в XV веке Василием Валентином. Название происходит от турецкого слова «сурьме» — натира-ние. Сурьма — очень хрупкий металл. В природе встречается в виде соединений с серой. Применяется как составная часть в типографском сплаве, в медицине; прибавка сурьмы к свинцу сильно повышает его твердость, что используется при изготовлении типографского сплава, пуль. Соединения сурьмы используются в спичечной, резиновой, стекольной промышленности.

Таллий — Tallium (Tl). Атомный номер — 81; атомный вес — 204,39. Открыт в 1861 году Круксом спектральным анализом. Название получил от греческого слова «таллос» — зеленая ветвь — по зеленому цвету линий спектра. Таллий — металл легче свинца, очень летуч, плавится при 302°, окрашивает пламя в зеленый цвет. В природе встречается в рассеянном состоянии. Основным сырьем служит пыль, получаемая при обжиге сернистых руд некоторых металлов. Употребляется как составная часть кислотоупорных сплавов, для изготовления оптических стекол и в фотоэлементах.

Тантал — Tantalum (Ta). Редкий элемент. Атомный номер — 73; атомный вес — 180,88. Открыт был в 1802 году Экебергом и назван в честь греческого мифического героя Тантала. Тантал хорошо поддается механической обработке и отличается своей чрезвычайной устойчивостью по отношению к различным химическим воздействиям. Это свойство используется для изготовления различной ответственной химической аппаратуры и хирургических инструментов. Сплавы тан-

тала с углеродом отличаются исключительной твердостью, что делает его весьма ценным для изготовления резцов, сверл. В природе встречается редко, всегда вместе с ниобием и титаном.

Теллур — Tellurium (Te). Атомный номер — 52; атомный вес — 127,61. Открыт в 1782 году Рейхенштейном; Клапрот в 1798 году подтвердил это открытие и дал новому элементу его название от латинского «теллурис» — земля. Теллур по химическим свойствам похож на серу и особенно на селен. Применение его намечается в керамической промышленности, для окраски стекол и в качестве добавки к газолину для ускорения сгорания в двигателях.

Тербий — Terbium (Tb). Атомный номер — 65; атомный вес — 159,2. Элемент из группы редких земель. Открыт в 1843 году Мозандером. Назван по имени небольшого городка Иттерби, возле которого были впервые найдены редко-земельные минералы.

Технеций — Technetium (Tc). Атомный номер — 43. Впервые был получен в 1937 году Перрье и Сегре путем бомбардировки нейтронами и дейтронами молибдена, позднее был найден как продукт расщепления урана. Название произошло от греческого слова «технетос» — искусственный, так как этот элемент был первым получен искусственным путем. Его свойства в точности совпали с теми, которые предсказал Д. И. Менделеев, назвав этот элемент *экамарганец*.

Титан — Titanium (Ti). Атомный номер — 22; атомный вес — 47,90. Очень распространенный в природе элемент: составляет 0,6% веса земной коры. Открыт в 1795 году Клапротом, однако в чистом виде получен лишь в 1857 году Вёлером и Сент-Клер Девиллем и назван в честь мифического героя. Металл серебристо-белого цвета, очень тверд и хрупок; удельный вес — 4,5; плавится при ~ 1800°. Практическое значение титана особенно велико в металлургии: он способствует полному удалению из расплавленной стали кислорода и азота, благодаря чему литье получается замечательно однородным; придает стали твердость и эластичность. Двоокись титана служит для изготовления очень хорошей белой краски (титановые белила).

Торий — Thorium (Th). Атомный номер — 90; атомный вес — 232,12. Один из важнейших радиоактивных элементов. Открыт в 1828 году Берцелиусом и назван по имени Тора — скан-

динавского бога войны. Радиоактивность тория установлена в 1898 году Склодовской-Кюри и Шмидтом. В свободном состоянии это металл; удельный вес — 11,7; плавится при 1842°; внешне похож на платину. Период полураспада тория — 13 миллиардов лет. Распадаясь, торий образует ториевый ряд радиоактивных элементов, конечным членом которого является свинец с атомным весом 208. Главнейшие минералы тория — монацит, торит. Добывается монацит из монацитсодержащих песков. Большое значение имеет окись тория для газокалильных сеток. Наряду с ураном, торий расщепляется с выделением большого количества атомной энергии.

Тулий — Thulium (Tu). Атомный номер — 69; атомный вес — 169,4. Элемент из группы редких земель. Открыт в 1880 году Клеве и назван от слова «Тулия» — древнего названия Скандинавии. Соли тулия зеленого цвета.

Углерод — Carboneum (C). Атомный номер — 6; атомный вес — 12,00. Известен с глубокой древности, название от латинского «карбо» — уголь. Встречается в природе в виде алмаза, графита, ископаемых углей, различных углеводородов (нефти, природных газов) и в органических веществах. Более всего его, однако, в виде карбонатов (солей угольной кислоты) — известняков, мраморов и т. п., а также в растворах с водой и воздухом (в виде углекислого газа). Применяется: в виде алмаза — для бурения, резки и шлифовки стекла, для украшений; в виде графита — как огнеупор (графитовые тигли), как смазка, присыпка, в карандашах, в реостатах, в электродах для дуговых электрических печей; в виде угля и нефти — на топливо, как важнейший источник энергии. Сажа идет на краску (черная тушь). При переработке угля получают многочисленные химические продукты, в том числе анилин, лекарства — аспирин, стрептоцид, сахарин, взрывчатые вещества — тринитротолуол (тол) и пр.

Уран — Uranium (U). Атомный номер — 92; атомный вес — 238,07. Элемент, еще недавно занимавший самое последнее место в периодической таблице элементов. Уран был открыт в 1789 году Клапротом в смоляной руде, но только в 1841 году Пелиго получил уран в чистом виде. Уран — тугоплавкий металл серебристо-белого цвета; удельный вес — 18,7; температура плавления 1690°; радиоактивен. Именно при изу-

чении урана Беккерель в 1898 году открыл явление радиоактивности. Благодаря радиоактивному распаду из урана с атомным весом 238 образуются элементы уранового ряда, а из урана с атомным весом 235 образуется актиниевый ряд. Конечным продуктом уранового ряда является свинец с атомным весом 206, актиниевого ряда — свинец с атомным весом 207. Природный уран имеет несколько изотопов: преобладает изотоп с атомным весом 238, изотоп с атомным весом 235 содержится в количестве 0,7%. Последний обладает способностью при бомбардировке его ядра медленными нейтронами легко распадаться на два почти равных осколка, с выделением огромного количества атомной энергии. Изотоп с атомным весом 238 служит для получения трансурановых элементов: нептуна, плутона, америция, кюрия. Назван по имени планеты Уран, обнаруженной незадолго до открытия элемента.

Фосфор — Phosphorus (P). Атомный номер — 15; атомный вес — 30,98. Свое название фосфор получил благодаря свойству светиться в темноте (от греческих слов «фос» — свет и «форос» — несущий). Открыт Брандом в 1669 году. Удельный вес — 1,83; температура плавления 44°, температура кипения 280,5°. Встречается в двух разновидностях: желтый фосфор и красный фосфор. В 1914 году Бриджмен получил третью разновидность — черный фосфор. Широко распространен в земной коре в виде солей фосфорных кислот, образует многочисленные минералы: апатит, бирюза, фосфаты железа, меди и другие. Используется при производстве спичек, получении дымовых завес, зажигающих веществ и т. п. Фосфориты и апатиты — важнейшее сырье для производства фосфорсодержащих удобрений.

Франций — Francium (Fr). Атомный номер — 87. Открыт в 1939 году. Назван в честь Франции. В настоящее время известно два изотопа с периодами полураспада 221 ± 5 мин. и 223 ± 21 мин.

Фтор — Fluor (F). Атомный номер — 9; атомный вес — 19. Металлоид из группы галогенов. В свободном состоянии впервые выделен Муассаном в 1886 году, хотя был принят за элемент Ампером еще в 1810 году. Латинское название произошло от названия минерала флюорита. Русское название происходит от греческого корня «фториос» — разрушающий. При обыкновенных условиях — газ, в толстых слоях окрашенный в

зеленовато-желтый цвет. Удельный вес — 1,11 (жидкость); температура плавления 223°; температура кипения 188°. В свободном состоянии не нашел применения. Фтористоводородная, или плавиковая, кислота широко используется в химических лабораториях, а также для травления стекла.

Х л о р — Chlorum (Cl). Атомный номер — 17; атомный вес — 35,457. Открыт Шееле в 1774 году, название получил от слова «хлорос» — зеленый. Хлор — желто-зеленый газ, тяжелее воздуха. В природе встречается в виде солей натрия и калия, растворенных в водах океана, или в виде залежей каменной соли (NaCl). Является одним из основных элементов химической промышленности, главным образом для производства хлорной извести; играет очень важную роль при приготовлении красок, многих лекарственных и отравляющих веществ. Большое количество хлора применяется для отбеливания тканей, бумаги, для стерилизации питьевой воды и в сельском хозяйстве в борьбе с полевыми вредителями. Натриевая соль хлора (NaCl) употребляется в громадных количествах в пищу (каждым человеком в год потребляется от 2 до 10 килограммов соли).

Х р о м — Chromium (Cr). Атомный номер — 24; атомный вес — 52,01. Открыт Вокслэном в 1798 году при разложении минерала крокоита, привезенного Палласом из одного рудника на Урале. Название произошло от греческого «хрома» — краска, благодаря многоцветной окраске различных его соединений. Весьма хрупкий и твердый, очень устойчив по отношению к воздуху и воде; удельный вес — 7,1; температура плавления 1765°. В природе встречается чаще всего в виде минерала хромистого железняка. Употребляется главным образом в сталелитейной промышленности. Хромовые стали обладают большой твердостью, прочностью и идут для изготовления инструментов, орудийных и ружейных стволов; хромом покрываются поверхности других металлов для предохранения их от разрушения.

Ц е з и й — Caesium (Cs). Атомный номер — 55; атомный вес — 132,91. Металл из группы щелочей. Удельный вес — 1,87; температура плавления

28,5°. Получил название по небесно-голубому цвету характерных для цезия спектральных линий («цезиум» — голубое небо). Цезий — первый из элементов, открытых путем спектрального анализа (Бунзен в 1860 году). Цезий окрашивает пламя в фиолетовый цвет. В природе известен лишь один цезиевый минерал — поллучит. Цезий применяется как главная составная часть фотоэлемента.

Ц е р и й — Cerium (Ce). Атомный номер — 58; атомный вес — 140,13. Элемент из группы редких земель. Открыт в 1803 году Гизипгером, Клапротом и Берцелиусом и назван по имени малой планеты Цереры. Церий входит в смесь, употребляемую для изготовления «кремней» в зажигалках, в медицине, а также в артиллерии для получения светящегося следа полета снаряда. Церий извлекается из монацита как отход от получения тория.

Ц и н к — Zincum (Zn). Атомный номер — 30; атомный вес — 65,38. Открыт в XVI веке Парацельсом. Название получил от «цинко» — белый налет, бельмо (соли цинка белого цвета). Металлический цинк — серовато-белый металл, довольно стойкий к воздействию воды и воздуха. Встречается в природе главным образом в виде минерала сфалерита (ZnS). Применяется для покрытия железа (оцинкованное железо), а также в сплавах с медью (латунь). Соли цинка белого цвета употребляются как краска, а также в медицине.

Ц и р к о н и й — Zirconium (Zr). Атомный номер — 40; атомный вес — 91,22. Открыт Клапротом в 1789 году и назван по минералу циркону. Двуокись циркония весьма тугоплавка, плавится при 3000°, и при этом чрезвычайно устойчива по отношению к химическим воздействиям, употребляется как высокоогнеупорный материал. Цирконий применяется в качестве добавки к чугунам, повышая качество металлического литья. В природе встречается в виде циркона и сложных силикатов.

Э р б и й — Erbium (Er). Атомный номер — 68; атомный вес — 167,2. Элемент из группы редких земель. Открыт Мозандером в 1843 году и назван по имени города Иттерби.

ОБЪЯСНЕНИЕ СЛОВ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В ТЕКСТЕ

Агат — слоистый халцедон (см. халцедон), имеющий слои разной окраски; употребляется для технических изделий и для украшений.

Аквамарин — прозрачная разновидность берилла, окрашенная в сине-зеленые тона цвета морской воды (от латинских слов: «аква» — вода, «маре» — море); ценится как драгоценный камень.

Алаит — исключительно редкий минерал красивого красного цвета; по своему составу природная свободная ванадиевая кислота ($V_2O_5 \cdot H_2O$). Найден в Средней Азии.

Алмаз — кристаллическая прозрачная разновидность углерода; самый твердый минерал из известных в природе. Первоклассный драгоценный камень. Образуется из расплавленных масс при высоких давлениях и температуре.

Алхимики — ученые средних веков, которые пытались изучить химический состав вещества, но главной задачей которых было искусственно получить золото из других веществ, открыть такой «философский камень», который поможет превращать металлы, а может быть, и получать искусственно в химической посуде живое вещество. Несмотря на фантастичность всех этих исканий и таинственность, которой окружали свои работы алхимики, их искания подготовили возникновение современной химии.

Альфа-лучи (α -лучи) — один из видов невидимых лучей, выделяющихся при радиоактивном распаде атомов тяжелых элементов. Представляют собою материальные частицы, каждая из которых — положительно заряженное ядро атома гелия (альфа-частица), вылетающее со скоростью 15 000—20 000 километров в секунду.

Альфа-частица — см. альфа-лучи.

Аметист — фиолетовый горный хрусталь; недорогой самоцвет. Встречается на Урале и в Забайкалье.

Ангстрем — единица длины, равная одной стомиллионной части сантиметра. Обозначается так: (\AA) = 1×10^{-8} см.

Анион — ион, заряженный отрицательно и поэтому выделяющийся на аноде.

Антрацит — сорт каменного угля, характеризующийся наиболее значительным содержанием углерода: до 90—96%.

Апатит — фосфорнокислая соль кальция, содержащая фтор. Образуется или при застывании расплавленных нефелиновых сиенитов, также других пород, или при участии организмов (фосфориты). Употребляется для получения фосфорных удобрений.

Арагонит — минерал, по химическому составу отвечающий кальциту ($CaCO_3$), но отличающийся от него другим расположением атомов и другими физическими свойствами. Для арагонита характерны плотные образования в виде шаровидных оолитов, а также многие натечные формы — свисающие со сводов пещер сталактиты и поднимающиеся снизу им навстречу сталагмиты.

Асбест — волокнистый минерал из группы силикатов; употребляется для изготовления негорючих тканей, картона, специальных видов цемента. Имеет большое промышленное значение.

Ацетилен — газ, получаемый при действии воды на карбид кальция. Горит ярким белым светом.

Базальт — изверженная горная порода, из-

лившаяся в расплавленном состоянии на поверхность земли или под воду. Состоит из минералов, богатых магнием и железом.

Барит, или тяжелый шпат — минерал, сернокислая соль бария (BaSO_4). Из него готовится белая краска высокого качества.

Берилл — минерал, содержащий кремний, алюминий и до 12% окиси бериллия. Основной минерал для получения бериллия.

Бета-лучи (β -лучи) — один из видов невидимых лучей, выделяющихся при радиоактивном распаде некоторых элементов. Представляют собой поток материальных отрицательно заряженных частиц — электронов (бета-частицы), летящих со скоростью 140 000—200 000 километров в секунду.

Бета-частица — см. бета-лучи.

Битум — название смесей разных углеводородов, встречающихся в природе в виде газов (нефтяные газы), жидкостей (нефть, асфальт) и твердых веществ (озокерит). Битумы часто пропитывают различные горные породы: известняки, сланцы, песчаники; такие породы называются битуминозными.

Бриллиант — алмаз особой огранки. Употребляется как наиболее ценное украшение.

Бронза — сплав меди с оловом. Известна человечеству задолго до открытия железа. В бронзовый век орудия труда и оружие изготавливались из бронзы.

Буровая скважина — особая горная выработка, характеризующаяся круглым сечением весьма небольшого диаметра и значительной длиной. Буровые скважины проводятся для определения размеров и качества залежей полезных ископаемых, добычи нефти, воды, серы и т. д. Они достигают глубины свыше 5 000 метров.

Вирусы — не видимые в микроскопы микробы, порождающие иногда заболевания человека, животных и растений.

Выветривание — разрушение горных пород и минералов под влиянием физического и химического воздействия воздуха и воды.

Габбро — горная порода, преимущественно состоящая из основного полевого шпата и цветного силиката (роговой обманки или пироксена).

Галактика — Млечный Путь, звездное скопление, содержащее огромное количество звезд, в число которых входит и наше Солнце. Число звезд в галактической системе оценивается приблизительно в 30 миллиардов.

Гамма-лучи (γ -лучи) — лучи очень похожие на рентгеновские, но с большей проникающей способностью. Возникают при распаде атомов радия и других радиоактивных веществ.

Гипс — сернокислая соль кальция с содержанием воды ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Очень распространенный минерал. Употребляется в строительном деле и в медицине при переломах костей.

Глина — тонкодисперсная мягкая, иногда жирная на ощупь горная порода, состоящая из мельчайших частиц минералов: каолина, кварца, слюды и полевых шпатов.

Гнейс — измененная большим давлением и высоким нагреванием слоистая порода, по составу близкая к граниту. Содержит кварц, полевой шпат, слюду. Употребляется иногда как строительный камень.

Горные породы — природные скопления минералов, объединенные общим процессом образования. По своему происхождению породы разделяются на магматические (из расплавленных масс магмы), осадочные (из водных растворов) и метаморфические.

Гранат — сложный минерал разных цветов: красный — с железом, зеленый — с хромом, желтый, белый и пр.

Гранит — горная порода, состоящая из полевого шпата, кварца, а также слюды, роговой обманки. Застывает из магмы в глубинах земли.

Гранитные порфиры — горные породы, по составу отвечающие гранитам. Отличаются от последних наличием отдельных крупных кристаллов полевого шпата и кварца.

Гранито-гнейсовые платформы — древнейшие, наиболее устойчивые участки земной коры, состоящие из гранитов и гнейсов.

Гремучая ртуть — вещество состава $\text{C}_2\text{Hg}(\text{NO}_2)_\text{N}$, взрывающееся от толчков, ударов, при разламывании кристаллов, при нагревании. Гремучая ртуть употребляется в качестве детонатора для взрывания аммонала, динамита и других взрывчатых веществ.

Гуминовые кислоты — сложные органические вещества, образующиеся в верхних слоях почв из остатков растений и животных, населяющих почву.

Диатомеи — микроскопически малые одноклеточные водоросли, встречающиеся в морской и пресной воде. Оболочки клеток пронизаны кремнеземом, который образует сложного строе-

ния скелет, сохраняющийся в ископаемом состоянии.

Диорит — изверженная кристаллическая горная порода светлосерого цвета, состоящая из плагиоклаза и темных минералов.

Жила (горная) — трещина в горных породах, заполненная какими-либо минералами, выкристаллизовавшимися из магмы или из растворов горячих или холодных.

Занорыш — пустой промежуток в узкой щели или целая пустота в пегматитовых жилах, на стенках которой вырастают прекрасно образованные кристаллы топаза, аквамарина и других драгоценных камней.

Заряд — количество электричества, связанное с данным телом.

Змеевик, или **серпентин** — водный силикат магния, очень распространенный минерал, образующий целые массивы сплошной горной породы. Употребляется на Урале для мелких изделий.

Известняк — горная порода, образовавшаяся из скопления частиц и остатков раковин и скелетов, состоящих из углекислого кальция (CaCO_3) с примесью посторонних веществ.

Изотопы — различающиеся по весу атомы одного и того же элемента; они имеют одинаковое число электронов, но разное число нейтронов в ядре. По химическим свойствам не различимы друг от друга. Разделение изотопов составляет весьма важную задачу современной физики.

Изумруд — прозрачная разновидность берилла, окрашенная хромом в яркозеленый цвет. Первоклассный драгоценный камень.

Исландский шпат, или **удвояющий шпат** — прозрачный кристалл кальцита (CaCO_3). Обладает замечательной способностью удваивать изображения предмета, если смотреть через него. Его употребляют для важных оптических и физических приборов. Хорошие кристаллы его встречаются довольно редко.

Калория — единица измерения тепла, большая калория — количество тепла, необходимое для нагревания 1 килограмма воды на 1°C .

Кальцит, или **известковый шпат** — минерал, по составу отвечающий углекислому кальцию (CaCO_3). Прозрачные кристаллы кальцита называются исландским шпатом.

Каолин — минерал, образующий главную часть глин, содержит глинозем (окись алюми-

ния), кремнезем и воду. Употребляется для получения фарфора и фаянса. Само слово — китайское, так как впервые каолин стал разрабатываться в Китае, в горе Као-лян, или Гао-лян.

Карат — мера веса драгоценных камней; равен 200 миллиграммам. Значит, на 1 грамм приходится 5 каратов.

Карбид — соединение углерода с металлом. Некоторые карбиды, например карбид бора, карбид вольфрама, карбид тантала, обладают твердостью, приближающейся к твердости алмаза.

Карлсбадский камень — твердые отложения углекислого кальция из горячих минеральных источников Карловых Вар (Карлсбад) в Чехословакии (см. **арагонит**).

Карналлит — минерал, состоящий из калия, магния и хлора ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$); часто встречается вместе с каменной солью. Применяется для получения калийных солей в химической промышленности и для получения металлического магния.

Карст — размывание известняков и гипсов водами с образованием воронок, пещер, подземных рек, ручьев и т. д. Примером такого размывания является знаменитая Кунгурская пещера.

Касситерит, или **оловянный камень** — минерал, состоящий из окиси олова (SnO_2). Касситерит — главная руда для извлечения олова.

Катаклиз — механическое явление, связанное с раздроблением одной или нескольких составных частей горной породы, вызванное горнообразовательными процессами.

Катион — ион, заряженный положительно и поэтому выделяющийся на катоде.

Квасцы — химические соединения, представляющие собой двойные соли серной кислоты. В природе встречаются чаще всего алюминиевые (алунит) и железистые квасцы.

Кимберлит — темная, почти черная магматическая горная порода, состоящая главным образом из оливина, бурой слюды и пироксена, которая застыла в больших воронках взрыва; в Южной Африке и в Америке она содержит кристаллики алмаза.

Киноварь — минерал, состоящий из ртути и серы (HgS). Употребляется для получения ртути. Кроме того, из нее изготавливается краска того же названия.

Клевейт — минерал, содержащий уран и некоторое количество редких земель. При нагре-

вании выделяет большое количество гелия, получившегося в минерале в результате радиоактивного распада урана. Изучая выделения газа из клевета, ученые впервые открыли присутствие гелия на земле. До этого гелий был известен только на солнце.

Коллоид — вещество, в растворенном состоянии не проходящее сквозь животные и растительные перепонки. Типичными примерами коллоида являются клей, студень.

Колчедан — минерал, представляющий сернистое соединение железа или меди. Первое носит научное название пирит; второе — халькопирит. Пирит идет для изготовления серной кислоты, основы современной химической промышленности; халькопирит является главнейшей рудой для получения меди.

Компостельский рубин — редкие яркокрасные кристаллы кварца, встреченные в образованиях пещер в Средней Азии, а также в Испании.

Корунд — минерал, состоящий из окиси алюминия (Al_2O_3). Выделяется своей исключительной твердостью: он чертит все минералы, кроме алмаза. Его прозрачные однородно окрашенные кристаллы употребляются в качестве драгоценных камней. Красный корунд носит название рубина, синий — сапфира, бесцветный — лейкосапфира и т. д.

Космические лучи — лучи, попадающие в атмосферу земли из мирового пространства, обладают огромной энергией, вследствие чего их проникающая способность чрезвычайно велика. Природа космических лучей еще до сих пор твердо не установлена.

Криолит — минерал, состоящий из натрия, алюминия и фтора (Na_3AlF_6). Очень ценная руда для получения металлического алюминия. Добывается в Гренландии.

Кристалл — закономерно построенное химическое соединение из атомов, расположенных определенными рядами и сетками, благодаря чему оно имеет особую правильную форму, отличающую его от некристаллических тел (например, воска) или случайных смесей минералов, как, например, глины.

Курская магнитная аномалия — обширная территория в районе города Курска, на которой наблюдается значительное отклонение магнитной стрелки, вызванное крупными залежами магнетита.

Лабрадор — один из полевых шпатов, характеризующийся красивым синим отливом благодаря мельчайшим включениям слюды.

Лабрадорит — горная порода, состоящая главным образом из лабрадора (см.). Красивый облицовочный камень.

Лав — расплавленная горная порода, излившаяся из вулкана на поверхность земли и застывшая потоками или покровами.

Латерит — красная почва субтропиков, в которой накапливаются окислы железа и алюминия. В СССР латерит известен на Кавказе в Аджарии.

Лейцит — минерал из группы силикатов, содержащий алюминий и калий. Часто образует шаровидные двадцатичетырехгранники. Встречается как составная часть некоторых изливающихся горных пород. В некоторых странах делаются попытки извлекать из лейцита калий и металлический алюминий.

Лиман — подпруженное и частью затопленное морскими водами расширенное устье рек и балок. В СССР известны Днестровский, Днепровско-Бугский и другие лиманы на Черном море.

Магма — расплавленная масса глубин земного шара. Представляет весьма сложный силикатный состав. Вследствие большого давления, под которым находится магма, отдельные части ее могут при известных условиях перемещаться вверх, заполнять трещины, пустоты, даже достигать земной поверхности и изливаться на нее. При понижении температуры магма затвердевает и образует горные породы.

Магнезит — минерал, состоящий из углекислой соли магния. Употребляется для изготовления огнеупорных кирпичей.

Магнетит, или **магнитный железняк** — минерал состава Fe_3O_4 . Кристаллы магнетита правильной формы; сильно магнитен; слагает иногда целые горы (гора Магнитная, гора Высокая на Урале) и тогда является превосходной рудой для добывания железа.

Масс-спектрограф — прибор, позволяющий определять количество изотопов в различных химических элементах.

Мергель — глинистый известняк, содержащий свыше 30% глины, к которой присоединяется еще и песок. Многие мергели являются ценным сырьем для цементной промышленности.

Металлоиды — химические элементы,

окислы которых в соединении с водой образуют кислоты.

Метаморфические породы — горные породы магматического или осадочного происхождения, подвергшиеся изменениям уже после своего образования.

Миграция — перемещение химических элементов в земной коре, ведущее к их рассеянию или концентрации, сочетанию или разделению с другими элементами.

Микрон — одна тысячная миллиметра.

Минеральный источник — источник, в воде которого в большом количестве растворены неорганические вещества.

Молекулы — мельчайшие частицы, еще обладающие физическими свойствами вещества. Молекулы состоят из атомов. Если в молекулу входят одинаковые атомы, то соответствующее вещество называется «простым», если разные атомы, — «сложным».

Морион — горный хрусталь почти черного цвета, однако просвечивающий в тонких осколках бурым цветом. При осторожном нагревании (запекании в хлеб) светлеет и делается желтым, чем пользуются ювелиры. При дальнейшем нагревании окраска может исчезнуть совсем. Состав окраски и ее происхождение еще не выяснены.

Мрамор — крупнозернистый плотный известняк, перекристаллизованный под влиянием давления. Очень важный декоративный и строительный камень.

Мраморный оникс — полосчатое отложение кальцита разной окраски. Употребляется как красивый декоративный камень.

Нарзан — мощный минеральный источник в городе Кисловодске. Вода источника благодаря растворенным солям и большому количеству свободной углекислоты обладает весьма ценными лечебными свойствами.

Нейтрон — материальная частица, не несущая никакого электрического заряда; вес ее равен весу протона. Атомный вес химического элемента отвечает сумме числа протонов и нейтронов в атоме. Нейтроны вместе с протонами составляют ядро атома.

Нефелин, или **элеолит** (в переводе с древнегреческого языка — «масляный камень») — минерал, в состав которого входят окислы натрия, алюминия и кремния. Используется как сырье для производства алюминия, а также в стекольном производстве.

Нефелиновый сиенит — бесцветная глубинная изверженная порода, состоящая из полевого шпата, нефелина и какого-нибудь черного минерала. Встречается на земном шаре сравнительно редко. Наиболее крупное скопление нефелинового сиенита находится на Кольском полуострове.

Нефрит — очень прочный и вязкий минерал зеленого цвета, хорошо полируется. Употребляется как поделочный камень, особенно в Китае. Название нефрит произошло от греческого слова «нефрос» (почка), так как врачи древности приписывали нефриту лечебные свойства при лечении почек.

Огарки — остатки от сжигания пирита при производстве серной кислоты; огарки состоят главным образом из окиси железа.

Окалина — корка, образующаяся на поверхности расплавленного металла (железа, меди), обрабатываемого при доступе воздуха. Состав окалины непостоянен и зависит от температуры и избытка воздуха при ее образовании.

Октановое число — условная мера, которой измеряют сопротивление взрыванию жидкого топлива. Октановое число изookтана принято за 100, а октановое число очень сильно детонирующего гептана — за 0. Между изookтаном и гептаном располагаются почти все виды горючего.

Оливин — минерал, состоящий из соединения кремнезема с магнием и железом. Прозрачные чистые кристаллы с золотистым оттенком носят название хризолита и употребляются в качестве драгоценного камня.

Оливиновые породы — глубинные изверженные горные породы, главной составной частью которых является минерал оливин.

Опал — минерал, по составу отвечающий кремнезему с содержанием воды. Некоторые сорта опала обладают очень яркой и пестрой игрой цветов.

Осмистый иридий — редкий минерал группы платины, представляющий природный сплав осмия с иридием.

Пароксизм — в медицине внезапное усиление какого-либо болезненного припадка до наивысшей степени.

В геологии пароксизмом иногда называют резкое усиление деятельности внутренних сил земли, приводящее к формированию гор на земной поверхности.

Пегматит (пегматитовая жила) — сочетание минералов, образовавшихся из магмы в последние моменты ее застывания, когда она насыщена перегретыми парами и газами. Состоит в основном из полевых шпатов, кварца. Пегматиты богаты драгоценными камнями и редкими минералами.

Перидотит — темносерая или черная кристаллическая изверженная порода, состоящая из минералов оливина и пироксена. Богата железом и магнием.

Плавиковый шпат — см. флюорит.

Полиметаллическая руда — руда, содержащая несколько металлов, чаще всего — медь, цинк, свинец, серебро.

Полураспад — в физике полураспадом называется период времени, необходимый для распада половины первоначального количества атомов радиоактивных элементов. Каждый радиоактивный элемент имеет свой постоянный период полураспада. Периоды полураспада лежат в пределах от долей секунды до миллиардов лет.

Порфировые лавы — лавы, в стекловатой массе которых встречаются отдельные крупные кристаллы.

Почвы — поверхностные образования, связанные с выветриванием горных пород, переработанных водой, воздухом и различными процессами жизнедеятельности растений и животных.

Протон — материальная частица вещества, несущая положительный электрический заряд. Число протонов в ядре равно числу отрицательно заряженных электронов и, следовательно, — атомному номеру химического элемента. Протоны вместе с нейтронами составляют ядро атома.

Протуберанцы — извержения на поверхности солнца, состоящие главным образом из водорода. Хорошо наблюдаются в виде яркорозовых выступов во время солнечного затмения. Протуберанцы достигают десятков и сотен тысяч километров высоты.

Радиоактивность — свойство некоторых, главным образом тяжелых, химических элементов непрерывно испускать невидимые лучи, проникающие, подобно рентгеновским лучам, сквозь различные вещества и вызывающие почернение фотографической пленки. Свойством радиоактивности обладают элементы: уран, торий, радий, полоний, протактиний и другие, называемые

радиоактивными. Лучи, испускаемые радиоактивными элементами, делятся на альфа-лучи, бета-лучи и гамма-лучи (см.).

Радиолярии — микроскопически малые одноклеточные организмы, отличающиеся наличием скелета из кремнезема. По форме скелета радиолярии в высшей степени разнообразны.

Радон — см. эманация радия.

Ратовкит — минерал, по составу отвечающий плавиковому шпату (флюориту — CaF_2) и являющийся его разновидностью. Цвет минерала чаще всего зеленый или фиолетовый.

Рубин — прозрачная красная разновидность минерала корунда (Al_2O_3), окрашенная примесью хрома. Употребляется в качестве драгоценного камня, а также в точной механике. Получается и искусственным путем.

Руда — минеральное вещество или горная порода, из которых можно извлекать с выгодой металлы или их соединения.

Самоцвет — уральское название драгоценных камней, которые подвергаются огранке: изумруд, топаз, сапфир и другие.

Сапфир — прозрачная синяя разновидность минерала корунда (Al_2O_3); употребляется как драгоценный камень.

Свинцовый блеск, или галенит (от латинского слова «галена» — свинец) — непрозрачный минерал свинцово-серого цвета, представляющий соединение серы со свинцом и являющийся важнейшей рудой на свинец и серебро, которые входят в минерал как постоянная примесь. Проводник электричества. Идет на переработку в сурик, для приготовления белил и глазури.

Сейсмограф — прибор, отмечающий колебания почвы — землетрясения.

Селитра — азотнокислая соль калия или натрия; в природе встречается в пустынных районах. Употребляется для удобрений и в промышленности взрывчатых веществ.

Серный колчедан, или пирит — см. колчедан.

Сиенит — изверженная кристаллическая порода светлой окраски, состоящая в основном из полевых шпатов. Отличается от гранита отсутствием кварца. Название свое ведет от города Сиены, в Египте.

Силикаты — химические соединения кремневой кислоты с алюминием или другими металлами. К силикатам принадлежат самые важ-

ные минералы земной коры: полевые шпаты, каолин, роговые обманки и другие.

Сириус, или звезда альфа созвездия Большого Пса — самая яркая из звезд, наблюдаемых на небосклоне. Сириус состоит из двух звезд («двойная звезда»). Спутник Сириуса имеет плотность, которая в 30 000 раз больше плотности воды.

Сланец — порода, получившая слоистое строение благодаря большому давлению; обладает способностью колотья на пластины, идущие иногда для покрытия крыш.

Слюда — группа минералов кремния и алюминия, способных расщепляться на очень тонкие пластинки. Главнейшие слюды: белая слюда, или мусковит; черная, или биотит. Белые слюды применяются в электротехнической промышленности как хороший изолятор.

Солончак — почва, пропитанная солями настолько, что от корочек или кристалликов солей она окрашивается в белый цвет.

Соффионы — вулканические газовые струи, содержащие сероводород и углекислоту, а также в небольшом количестве — аммиак и метан. Наиболее известные соффионы находятся в Тоскане (Италия). В них содержится борная кислота, которую извлекают для промышленных целей. Пар соффионов используется для отопления.

Спектральный анализ — изучение получаемых в спектроскопе спектров раскаленных газов, а также холодных паров. По характеру спектра устанавливают не только качественный, но и количественный состав газа. Спектральный анализ — одно из самых могущественных средств изучения вещества известного состава вселенной. Открыт в 1859 году Кирхгофом и Бунзеном.

Спектроскоп — прибор для изучения оптических спектров.

Стекло — искусственная масса, получаемая путем сплавления кварцевого песка с содой и известью. Состав обыкновенного стекла: 75% SiO_2 , 13% Na_2O и 12% CaO . Оптическое стекло содержит свинец. Известно и природное силикатное вулканическое стекло — обсидиан.

Сурьмяный блеск, или стибнит, или антимонит — непрозрачный свинцово-серого цвета с металлическим блеском минерал, содержащий сурьму и серу (Sb_2S_3). Употребляется для получения сурьмы. Сурьма дает поучительный пример того, как изменяется применение минерала в связи с развитием промышлен-

ности и техники. В глубокой древности тонкий черный порошок сурьмы служил только целям косметики, а сейчас он крайне необходимый металл для различных сплавов.

Тектиты — небольшие куски оплавленного стекла, найденные во многих местах земного шара. Происхождение тектитов до настоящего времени не получило полного объяснения. Некоторые считают их метеоритами.

Топаз — минерал, представляющий фторосиликат алюминия. Его прозрачные винно-желтые или фиолетовые кристаллы используются как драгоценный камень. Встречается в пегматитовых жилах.

Топочка — подпятничек из минерала большой твердости, главным образом из рубина (природного и синтетического). Употребляется в механизмах высокой точности. На топочках удерживаются быстро вращающиеся части. Примером топочек являются камни в часах.

Тропосфера — область, захватывающая верхнюю часть земной коры и примыкающую к ней гидросферу и плотную атмосферу. Область эта характеризуется энергичными реакциями обмена вещества. Иначе ее называют поясом движения и химических реакций.

Туранит — редкий оливково-зеленого цвета минерал, состоящий из меди и ванадия; образуется в зоне поверхностного выветривания некоторых месторождений.

Ультразвуковые волны — механические колебания с частотой выше верхней границы слухового восприятия.

Ультраосновные породы — породы, особенно («ультра» — сверх меры) богатые такими металлами (основаниями), как магний, кальций и закись железа. Все они отличаются темным (зеленым или черным) цветом, тяжелы, образуются из расплавов в самых больших глубинах земной коры.

Флогистон, или теплород — особого рода «невесомая жидкость», существование которой предполагалось для объяснения горения и вообще тепловых явлений до конца XVII века (до того, как Лавуазье открыл кислород). Считалось, что наличие или отсутствие флогистона повышало или понижало температуру тел.

Флюоресценция — свечение вещества, вызываемое не накаливанием, а облучением его поверхности лучами солнца, светом вольтовой дуги, ультрафиолетовыми или рентгеновскими

лучами. Свечение прекращается тотчас после прекращения воздействия.

Флюорит, или **плавиковый шпат** — минерал, представляющий соединение кальция и газа фтора (CaF_2). Употребляется в металлургии, в химической промышленности, в оптическом деле и в стекольном производстве. Прозрачные кристаллы, употребляемые в оптике, называются оптическим флюоритом. Более красивые образцы идут как поделочный материал.

Флюс — минеральные добавки к руде, способствующие более полному отделению металла от расплавленной пустой породы, называемой шлаками. Флюсами могут быть различные породы и минералы: так, для кварцевых руд употребляются в качестве флюсов известняки или доломиты, для известковых руд флюсом будет кварц.

Фораминиферы — простейшие одноклеточные животные, живущие в море. Некоторые фораминиферы имеют большое значение для определения геологического возраста пород.

Фосфаты — соединения фосфора с различными металлами. В природных условиях чаще всего встречаются соединения с кальцием и фтором: апатит, фосфорит и другие.

Фосфорит — минерал, представляющий фосфорнокислые соединения кальция; встречается в осадочных породах в виде желваков или целых слоев. Идет наравне с апатитом для получения сельскохозяйственных удобрений.

Халцедон — полупрозрачный просвечивающий минерал, по составу отвечающий кварцу (кремнекислота). Полосатые его разновидности называют агатом.

Хризоберилл — прозрачный зеленого цвета минерал, в состав которого входят бериллий и алюминий с некоторой примесью железа и иногда хрома (BeAl_2O_4). Редкий драгоценный камень. («Хризос» — золотистый, «бериллос» — берилл.)

Хромированная сталь — сталь, покрытая хромом. Отличается прочностью поверхности и стойкостью против химического воздействия.

Хрусталь горный — прозрачная разновидность кварца. В природе встречается в виде прекрасных шестигранных кристаллов. Употребляется в радиотехнике.

Целестин — минерал, представляющий собой сернокислый стронций (SrSO_4), красивого

небесно-голубого цвета. Употребляется для получения стронциевых солей.

Цемент — прокаленная смесь известняка и глины. С водой цемент затвердевает в крепкую каменную массу. Изготавливается в огромных количествах и употребляется для строительных целей.

Цианирование — метод извлечения золота из горных пород. По этому методу тонко-распыленное золото растворяют в водных растворах цианистого калия. Широко применяется в золотом деле.

Цинковая обманка, или **сфалерит** (по-гречески — обманчивый) — минерал, состоящий из цинка и серы (ZnS). Добывается для получения цинка. Обманкой назван за изменчивость в цвете, вследствие чего его можно принять за другие руды.

Шахта — вертикальная разработка в земле для добычи руды, для вентиляции рудников, для водоотлива и т. д. Шахты достигают иногда глубины до 3000 метров.

Шеелит — непрозрачный серовато-желтоватого цвета с жирным блеском минерал, представляющий вольфрамовую соль кальция (CaWO_4). Под воздействием ультрафиолетовых лучей светится красивым зеленовато-синим цветом. Добывается для получения вольфрама — важнейшего элемента в металлургии.

Шихта — смесь руды с необходимыми добавками, которые называются флюсами, рассчитанная таким образом, чтобы получить в печах наиболее чистый металл.

Шор — солончак (см.), образовавшийся на месте высохшего озера, с ясно выраженной береговой линией.

Шпат — общее название разнообразных минералов, обладающих способностью раскалываться по определенным направлениям на куски правильной формы, например: полевой шпат, тяжелый шпат (барит), плавиковый шпат и т. д.

Эвклаз — весьма редкий минерал из группы силикатов, по составу очень близкий к бериллу.

Электромагнитные волны — периодические колебания электрического и магнитного поля. Радиоволны, световые лучи, рентгеновские лучи, гамма-лучи — всё это электромагнитные волны.

Электрон — мельчайшая материальная частица, несущая заряд отрицательного электричества. Является составной частью атома. Элек-

троны в атоме вращаются по определенным орбитам вокруг атомного ядра, заряженного положительно. Число электронов в атоме соответствует атомному номеру химического элемента.

Электрон — сверхлегкий сплав алюминия с магнием, обладающий высокими механическими свойствами.

Электронный микроскоп — новейший микроскоп, в котором вместо светового луча используется поток электронов, благодаря чему достигнуто увеличение до полумиллиона раз.

Эманация радия — газообразное радиоактивное вещество, в которое превращается радий при самопроизвольном, без всяких внешних

воздействий (радиоактивном) распаде его атомного ядра. В химическом отношении эманация — инертный газ; является химическим элементом пулевой группы и в качестве такового получил название — радон (radon). Радон — недолговечный элемент, он распадается на гелий и радий А.

Ювенильные воды — глубинные воды, заключающиеся в изверженных горных породах в глубине земной коры и впервые появляющиеся на земной поверхности. Называются они также глубинными, или магматическими водами.

Янтарь — окаменелая смола древних деревьев. Встречается на побережье Балтийского моря, применяется для изготовления украшений и как изолятор в электрометрах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
<i>Часть первая</i>	
А т о м	
Что такое геохимия	9
Мир невидимого. Атом и химический элемент	14
Атомы вокруг нас	20
Рождение и поведение атома в мироздании	25
Как Менделеев открыл свой закон	31
Периодическая система элементов Д. И. Менделеева в наши дни	36
Таблица Менделеева в геохимии	43
Атом разрушается. Уран и радий	47
Атом и время	57
<i>Часть вторая</i>	
Химические элементы в природе	
Кремний — основа земной коры.	63
Углерод — основа всего живого	74
Фосфор — элемент жизни и мысли	84
Сера — двигатель химической промышленности.	90
Кальций — символ прочности.	97
Калий — основа жизни растений.	105
Железо и железный век.	114
Стронций — металл красных огней	120
Олово — металл консервной банки	128
Иод — вездесущий	133
Фтор — всеядный	138
Алюминий — металл XX века.	146
Бериллий — металл будущего	152
Ванадий — основа автомобиля	156
Золото — царь металлов	161
Редкие рассеянные элементы	169
<i>Часть третья</i>	
История атома в природе	
Из космоса на землю	177
Атомы в глубинах земли	187
История атомов в истории земли	195
Атомы в воздушной стихии	205
Атомы в воде	210
	311

Атомы на поверхности земли. От Арктики до субтропиков .	215
Атомы в живой клетке	223
Атомы в истории человечества .	228
Атомы на войне	240

Часть четвертая

Прошлое и будущее геохимии

Из истории геохимических идей	249
Как давались название химическим элементам и минералам?	256
Химия и геохимия в наши дни	260
Фантастическое путешествие по Менделеевской таблице .	267
Химия и техника будущего	274
Конец книги	279
Краткие сведения о химических элементах	289
Объяснение слов и специальных выражений, встречающихся в тексте .	302

Научный редактор профессор Н. К. Разумовский

Художник Ю. Киселев

*Отзывы и пожелания издательству присылайте
по адресу: Ленинград, Невский пр., 28, Детгиз.*

ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Ответственный редактор **Л. Джалалбекова.**

Художественный редактор **Ю. Киселев.** Технический редактор **Н. Сусленникова.** Корректор **Е. За-
морзаева.** 84×108^{1/16}. Бум. л. 9^{3/4}. Печ. л. 32.038. Авт. л. 18.07. Уч.-изд. л. 24.33. Тираж 50 000. М-18360.
Подписано к печати 13-VI 1950 г. Цена 7 р. 35 к. Заказ № 368. 2-я фабрика детской книги Детгиза
Министерства Просвещения РСФСР. Ленинград, 2-я Советская, 7.