

ОТ ВОДОРОДА ДО...НОБЕЛИЯ?



H						
Li						
Na	Be					
K	Mg	B				
Cu	Ca	Al	C			
Rb	Zn	Sc	Si	N		
Ag	Sr	Ga	Ti	P	O	
Cs	Cd	Y	Ge	V		S
Au	Ba	In	Zr	As	Cr	
Fr	Pb	La	Su	Nb		

П.Р.ТАУБЕ, Е.И.РУДЕНКО

ОТ
ВОДОРОДА

ДО...

НОБЕЛИЯ?



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО · ВЬСШАЯ ШКОЛА · МОСКВА 1961

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Когда рукопись первого издания настоящей книги, носившей по числу известных в то время элементов название «Сто один», была подготовлена к печати, появились сообщения о синтезе нового химического элемента. Он был синтезирован группой ученых, работавших в Швеции, назван nobelium и помещен на сто второе место в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

Однако опыты, проводившиеся другой группой ученых в условиях, подобных шведским, не увенчались созданием нового элемента. Таким образом, вопрос о его существовании сделался неопределенным, что позволило тогда сохранить для нашей книги название «Сто один». В дальнейшем вопрос о синтезе элемента с порядковым номером 102 решен был положительно, и книга вышла в свет с названием, не соответствующим истинному положению вещей.

Вот почему желание исключить возможность несоответствия названия книги по числу известных элементов, в случае синтеза новых (что между прочим, подсказывается теорией) заставило авторов дать книге новое название. В соответствии с названием «От водорода до... nobelium?» в книгу включен десятый заурановый элемент 102, уже упоминаемый, хотя и без достаточных оснований, в нашей литературе как nobelium. Помимо этого в книге многое изменено и дополнено в соответствии с замечаниями, советами и просьбами читателей, изложенными в отзывах, рецензиях и многочисленных письмах.

Всем, приславшим свои замечания и пожелания, мы приносим глубокую благодарность, сожалея, что не можем выразить ее непосредственно по адресу каждого автора, список которых занял бы много страниц этой книги.

Ряд замечаний и предложений не нашли отражения в новом варианте книги, так как внесение их требовало коренной ее перестройки. Это не отвечало замыслам авторов и условиям ее переиздания. Выполнение данных рекомендаций означало бы придание книге характера справочника, а свой отказ от идеи справочника или учебника авторы сформулировали еще в предисловии к первому варианту. И в этом издании авторы, учитывая стремительный темп накопления новых сведений об элементах, не считают возможным претендовать на полное отражение всех известных фактов. Но если читатели сообщат свои пожелания по этому поводу, авторы будут весьма признательны.

П. Таубе, Е. Руденко

Астрахань, Пенза,
сентябрь 1960 г.

К ЧИТАТЕЛЮ

Дорогой читатель!

Книга, предлагаемая Вашему вниманию, — не увлекательный роман и не научный трактат, и, тем более, не справочник. Это сборник рассказов о химических элементах, т. е. о видах атомов, из которых построены звезды и Солнце, Луна и планеты, земля, вода, воздух, растения, животные и мы сами.

Это рассказы о тех химических элементах, которые занимают определенное место в периодической системе, созданной нашим соотечественником — великим химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым. В этой естественной системе место, занимаемое тем или иным элементом, позволяет определить не только его химические и физические свойства, но также состав и свойства соединений, образуемых им с другими элементами.

Рассказам об элементах предшествует вступление. В нем кратко дана история развития взглядов на материю, из которой построены тела природы.

Авторы стремились сделать каждый рассказ по возможности самостоятельным, законченным.

Книга может быть особенно полезной при изучении общего курса химии учащимися старших классов средних школ и студентами вузов, где химия не является ведущей специальностью. Каждый рассказ в этом случае может явиться своеобразной иллюстрацией к тем, иной раз,

довольно сухим страницам стандартного учебника, чтение которых предусматривается программой и учебным планом.

Всякий любознательный читатель может найти неизвестные ему в том или ином рассказе сведения об интересующем его элементе. И если эти сведения несколько расширят кругозор читателя, то авторы могут считать свою задачу, поставленную при составлении настоящей книги, выполненной.

**ВЕЛИКИЙ
ЗАКОН
РУССКОГО
ХИМИКА**





В жизни каждого человека, не имеющего, конечно, никакого отношения к науке, и то бывают такие минуты, когда он невольно задумывается над тайнами мироздания. Это бывает почти всякий раз, когда человек, как говорят, один на один сталкивается со спокойным величием вечной природы. Так бывает теперь, так было и раньше.

Чем величественнее картина природы, тем сильнее она приковывает внимание человека, тем чаще останавливает он на ней свой взор и внимание, постепенно переходя от пассивного созерцания к активному наблюдению и изучению. Вот почему картина звездного неба, самая грандиозная из всех картин вечной природы, в первую очередь и давным-давно останавливала на себе взор мыслящего человечества.

Темно-синий, почти черный купол ночного неба с бесчисленным множеством трепетно мерцающих звезд: крупных и ярких, мелких и тусклых, то одиноких, то собранных в причудливые фигуры созвездий, пересеченный широкой лентой Млечного пути, в тумане которого сосредоточено огромное количество звезд, стоящих на границе нашего зрительного восприятия, даже на человека, далекого от переживаний, и то производит своеобразное величественное впечатление.

И взор невольно скользит по глубинам ночного неба от одного светила к другому, от одного мира, затерянного в пространствах Вселенной, к другому, выделяя их в правильные фигуры созвездий, многие из которых известны каждому человеку. В самом деле, кто не знает созвездия

Большой Медведицы, которому каждый человек хоть раз в своей жизни не подарил бы нескольких минут своего внимания. Мы не говорим о Луне, прославленной и воспетой поэтами всех времен и народов. Мы не говорим о Солнце, дающем нам свет, тепло, жизнь. Мы говорим только о звездном небе, уже в отдаленные времена привлекавшем к себе взор пытливого человечества.

Со времени глубокой древности человек, отрываясь от вопросов насущного хлеба и мелочей жизни, на крыльях мысли стремился вторгнуться в глубь мироздания, не только созерцая, а наблюдая, не только восхищаясь, а понимая. И вопрос: из чего, из какого вещества состоят окружающие человека тела, сам он, вся Вселенная — одним из первых возникал в мозгу человека.

Наивными кажутся в наши дни ответы на этот вопрос, соответствовавшие, однако, передовым представлениям своего времени. Так, например, древние египтяне, все материальное благополучие которых и даже сама жизнь зависели от разливов Нила, хотя и не поднялись в своем созерцании природы до первых ступеней натурфилософии, все же считали воду первоосновой всех вещей природы, о чем свидетельствует надпись на стене древнего храма: «Вода произвела все живые вещи, из воды выходит все». За основу всех вещей принимал воду и древнегреческий философ-материалист Фалес Милетский, живший в VII—VI вв. до нашей эры (624—547 до н. э.).

Широкое распространение воды в природе, огромные скопления ее (моря и океаны), необходимость для жизни человека, животных и растений — все эти наблюдения были основой того, что мысль о воде, как первооснове мира, долгое время господствовала в умах ученых и философов.

Анаксимен (585—528 гг. до н. э.) — другой ученый древности, первоначально всех веществ считал воздух, от уплотнения которого получают, по его мнению, облака, а из них вода, земля и все остальные тела природы. От разрежения же воздуха возникает огонь. Философ Гераклит (530—470 гг. до н. э.), основатель античной диалектики, первоначально всех вещей видел в огне. Из огня возникло когда-то Солнце, звезды, вся Вселенная, которая, по учению Гераклита, через бесконечное время в результате движения материи превращается в огонь, дает начало новому миру. И так будет вечно, утверждал Гераклит, так как

вечна материя и ее движение. «...Мир, единый... был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим...»,— учил Гераклит.

Философ Ксенофан (565—473 гг. до н. э.) первоначальной считал землю: из нее все возникает и в нее все обращается.

Однако среди ученых древности был распространен также взгляд, согласно которому Вселенная мыслилась состоящей не из одного, а из нескольких простых видов материи. В философских воззрениях древних индусов количество таких первооснов или «элементов» мира определялось нечетными числами 3, 5, 7. В старинных рукописях Китая говорилось о пяти составных частях Вселенной: воде, земле, дереве, металле и огне.

Представление о строении Вселенной из нескольких основных видов материи развивал также философ-материалист, виднейший политический деятель древней Греции, оратор, поэт и врач Эмпедокл из Агригента. Развивая учение о вечности материи, он полагал, что основными «корнями» ее являются вода, земля, огонь и воздух, из различных сочетаний которых состоят все тела природы, вся Вселенная.

Учение Эмпедокла о четырех «корнях» Вселенной было изменено в самой основе Аристотелем (384—322 гг. до н. э.). Материалистический взгляд Эмпедокла на природу Аристотель заменил идеалистическим представлением об основных свойствах тел, называемых Аристотелем «принципами». Таких «принципов» Аристотель считал четыре: тепло, холод, сухость, влажность. Все тела природы, утверждал он, состоят из различного сочетания этих «принципов», причем от соединения их по два образуются чистейшие носители их — «элементы»: земля = сухость + холод, вода = холод + влажность, воздух = тепло + влажность, огонь = тепло + сухость. Различие тел природы объяснялось Аристотелем тем, что в одних телах больше влажности, в других — тепла и т. д. Таким образом, свойства вещества отрывались от самого вещества и возводились в основные элементы мира. Если добавить к этому, что по учению Аристотеля основными качествами управляет некая нематериальная сила, названная им «пятой сущностью» (квинтэссенцией), то становится понятным, почему учение Аристотеля, поддержанное авторитетом отцов католической церкви, просуществовало многие века и оказало в общем отрицательное влияние на развитие науки.

Учение Аристотеля послужило благоприятной почвой для развития целого направления в химии, получившего от арабского языка название алхимии. Исходя из системы Аристотеля алхимики развили мысль о возможности превращения неблагородных металлов в золото. Для осуществления этой возможности необходимо было отыскать только то вещество, считали алхимики, которое подобно аристотелевской квинтэссенции может наделять превращаемые тела недостающими качествами. С течением времени алхимические воззрения сблизились с религиозными верованиями и гипотетическому веществу, могущему превращать неблагородные металлы в золото, приписывается все большее и большее число чудесных свойств, оно, по выражению Ф. Энгельса, «обладает многими богоподобными свойствами». И не случайно на поиски этого чудесного вещества, известного под названиями «универсал», «эликсир мудрецов», «красная тинктура», «великий магистерий», и особенно «философский камень», многие поколения алхимиков израсходовали 12 столетий.

Сейчас трудно указать первопричины, послужившие толчком к отысканию «философского камня». Несомненно, что в основе возникновения этих поисков лежали известные с древних времен превращения веществ. Возможно, что случайное наблюдение над попавшим в костер куском оловянной руды, внешне не отличавшимся от других камней, на которых костер был разложен, и давшем после обжига серебристый слиток металла, впервые утвердило мысль о превращении одних веществ в другие. И если камень «превращался» в металл, то почему же любому металлу не превратиться в золото?

Возможность таких «превращений» подтверждалась наглядными примерами из металлургии, зачатки которой существовали уже в глубочайшей древности, и, в частности, примером получения похожей по цвету на золото бронзы из красной меди и серебристого олова. Изменения цвета, блеска и других свойств металлов, известные с давних пор индийским и египетским ювелирам, китайцам, укрепляло мысль о возможности превращения одних металлов в другие и, естественно, толкало на отыскание способов получения золота из других металлов.

В условиях феодализма, когда с ростом богатства и власти в руках представителей эксплуататорских классов,

с разорением, обнищанием и усилением гнета и политического бесправия крестьян в деревне и ремесленников в городе золото как материальная ценность приобретало неслыханную силу, для идей алхимии создается благоприятная почва. Жажда богатства, стремление к накоплению ценностей вообще и золота в особенности порождают низменные побуждения и жадность людей. Приобретение богатства превращается в одну из важнейших целей жизни. И войны, которые ведутся в этих условиях только ради грабежа, становятся постоянным занятием мелких феодальных государств.

Правда, феодальный строй открывал и другие пути к накоплению богатств, но ни один из них — торговля, ростовщичество, разнообразные формы эксплуатации крепостных — не давали такого быстрого эффекта к накоплению золота, как грабительские войны. «Недаром высятся грозные стены вокруг новых укрепленных городов»¹.

Но человеческая фантазия открывала еще один путь к неограниченному получению золота: путь превращения одних неблагородных металлов в другой — благородный, в золото. Эта мысль, возникшая в умах алхимиков, вытекала из характера их астрологического мышления. Как известно, уже в глубокой древности под звездным небом Ассирии и Вавилонии родилась астрономия. Первые исследователи путем наблюдения светил, их положения и движения на «своде небесном» установили существование определенной связи между Землей и небом. Явление сна, приходящееся на темную часть суток, смена времен года по мере движения Солнца на небе, зависимость морских приливов от положения Луны и целый ряд подобных явлений натолкнули затем наблюдателей на мысль, что все явления и вещи на земле имеют непосредственную связь с небом и его светилами. Так возникает астрология — «искусство» предсказывать будущие события и, в частности, судьбу человека из наблюдения светил на небесном своде².

¹ Ф. Э н г е л ь с. Происхождение семьи, частной собственности и государства. ОГИЗ, 1945, стр. 185.

² Некоторые положения астрологии бессознательно употребляют иногда и сейчас, когда, характеризуя удачную жизнь того или иного человека, говорят, например, «он родился под счастливой звездой». Так думали астрологи: каждый человек имеет свое све-

По «учению» астрологов, светила производят таинственное влияние и на металлы, которые, согласно этому «учению», рождаются от лучей небесных планет. А так как в древности число известных планет равнялось числу известных металлов, то каждой планете и «ведущему» этой планетой божеству приписывался один какой-либо металл.

Вот почему круг с точкой в центре, являвшийся у древних египтян и вавилонян символом солнца, божественности и совершенства, в то же время являлся символом золота, как совершенного и благородного металла.

Луну, которую наблюдали то в виде узкого лезвия серпа, то полного диска, сверкающего как бы серебряной поверхностью, изображали, как и символизирующий ее металл — серебро, знаком полумесяца.

В более позднее время египтяне, перенявшие астрологию у вавилонян, изображали вращение небесных тел, как восхождение по семи лестницам через семь ворот, из которых первые были из свинца, вторые — из олова, третьи — из меди, четвертые — из железа, пятые — из ртутного сплава, шестые — из серебра и, наконец, седьмые — из золота.

Еще позднее греки, олицетворяя в планетах своих богов, дали металлам те же обозначения, которые служили символами для обозначения характерных признаков этих богов. Так, характерные признаки бога войны Марса — копье и щит — служили символом железа. Характерный признак бога Юпитера — молния — служил символом блестящего олова. Сатурн служил для обозначения свинца, а быстроногий посланник богов Меркурий — для обозначения подвижной ртути. И, наконец, характерный признак богини Венеры — ее зеркало — был присвоен меди по той лишь причине, что Венера якобы возникла из морской пены у берегов Кипра, известного залежами медной руды.

Так появились первые символы для обозначения первых известных в те времена металлов. Этими знаками пользовались египтяне и греки, персы и арабы. От арабов эти

тило, определяющее его судьбу, его жизнь, плохие и хорошие поступки.

К астрологическим представлениям относятся и такие изредка встречающиеся выражения, как, например, «такая моя планида» или «находится на седьмом небе» и др.

знаки внедрились в алхимию, где, сохранившись на протяжении веков, дополнялись многочисленными символами, произвольно вводимыми каждым алхимиком.

Алхимики верили, что металлы подобны живым существам, что они рождаются, живут и умирают в земле. Светила, по мнению алхимиков, оказывали влияние не только на рождение металлов, но и на дальнейшее их развитие и совершенствование. Конечным итогом совершенствования является будто бы образование золота. Однако различные причины мешают этому совершенствованию и получаются «недоноски» золота — неблагородные металлы: медь, свинец, железо, которые можно «донести», т. е. усовершенствовать, превратить в золото. Действительно, по учению Аристотеля, различие между золотом и другими металлами состоит лишь в различном количестве основных «принципов» — сухости, влажности, тепла и холода. Отыскание нужного сочетания этих «принципов» и является задачей алхимии. Решить же эту задачу возможно с помощью «философского камня». И 12 столетий было потрачено на его изготовление. Каких только веществ и их смесей в самых разнообразных сочетаниях при различных условиях не перепробовали алхимики — от кусочков «небесных» камней — метеоритов до экскрементов вшей, от срезанных с пальцем умерших красавиц ногтей до растертых в порошок эмбрионов.

В поисках способов получения золота или «философского камня» алхимики проделывали неисчислимое количество опытов. Эти опыты позволили установить ряд фактов, послуживших основанием для создания новых алхимических «элементов» мира. Так, наблюдая способность ртути растворять (а тогда считалось — поглощать) в себе некоторые металлы и выделять их при нагревании, алхимики ввели в обиход отвлеченное представление о «философской ртути» как носителе металлических свойств. Способность серы соединяться со многими металлами с образованием земляных масс, из которых при известных условиях (обжиг и т. д.) вновь выделялся металл, послужило поводом для появления в обиходе алхимиков нового «элемента» мира — «философской серы». Она являлась носителем изменчивости металлов от действия огня. Позднее в число алхимических «элементов» мира была включена «философская соль» — носитель вкуса, твердости, растворимости и вообще изменчивости от действия воды.

Но алхимические «элементы» мира, конечно, не могли способствовать развитию науки. Прогресс химических знаний был незначителен и определялся открытием отдельных химических соединений, случайно производившихся в неисчислимом количестве опытов, связанных с поисками «философского камня». Схоластическая направленность знаний, слепой догматизм, метафизика, вера в колдовство, лженаучные теории астрологии, на которых воздвигалось здание алхимии, были фундаментом на песке, и здание должно было неизбежно рухнуть.

Экономическая жизнь и дальнейшее развитие в городах таких отраслей знания, как металлургия, стекольное, красильное производство и других, становилось невозможным без соответствующих практических данных химии. Алхимия же, заплутавшись в поисках «философского камня» среди отвлеченных «элементов» мира — «ртути», «серы» и «соли», не могла, конечно, удовлетворить практических запросов жизни. И все же «без алхимии не было бы и химии» (Ф. Энгельс).

В результате многовековых бесплодных поисков стало понятно, что для познания законов природы и сущности ее вещей недостаточно слепого преклонения перед авторитетом Аристотеля, а необходимо опытное изучение природных явлений и их закономерностей. Опыт учил, что число основных веществ, из которых построена Вселенная, значительно больше четырех «элементов» Аристотеля и трех алхимических, и что сами неблагородные металлы являются простыми, далее неразложимыми и не превращающимися в другие вещества природы.

В 1668 г. четырнадцатый сын Ричарда, графа Йоркского¹, Роберт Бойль, выдающийся ученый XVII столетия, опубликовал книгу под заглавием «Скептик-химик или сомнения и парадоксы относительно элементов алхимиков». В этой книге Бойль отрицал элементы-качества Аристотеля и «элементы» алхимиков и впервые в истории науки о веществе дал понятие об элементе, вытекавшее из экспериментальных наблюдений. Изучая природу металлов, Бойль заявлял: «Я очень хотел бы знать, каким образом можно разложить металлы на ртуть, серу и соль; я обязуюсь покрыть все издержки, необходимые для этого. Заверяю, что я никогда не мог этого достичь».

¹ Йорк — графство в Ирландии.

На основании многочисленных опытных данных Бойль называет «...элементами... некоторые первоначальные и простые, вполне несмешанные тела; эти тела не состоят из других тел или друг из друга и являются составными частями, из которых сложены все вполне смешанные тела и на которые последние в конце концов распадаются».

Таких неразложимых химическими средствами простых веществ или элементов Бойля к концу XVII века насчитывали 15. Но сколько их есть в природе? Этого никто не знал. И на этот вопрос, казалось, нельзя было дать ответа даже с помощью опыта, который мог только указать: простое или сложное то или иное вещество. А так как средства химического анализа были весьма ограничены, то и этот вопрос не всегда разрешал опыт.

Если к сказанному добавить, что груз алхимического прошлого еще тяготел над мышлением ученых, и сам Бойль явился основоположником учения о «сверхтонкой материи огня», то становится ясным, как далеко было до ответа на поставленный вопрос.¹ Потребовалось еще много времени, потребовался гений М. В. Ломоносова, сумевшего в опытах по прокаливанию металлов в запаянных сосудах (без доступа воздуха) доказать отсутствие «сверхтонких материй» — тепла, холода, огня и других, которыми так плодит был XVIII век, прежде чем вопрос об элементах стал на научную основу.

Спустя столетие после работ Р. Бойля французский ученый Антуан Лоран Лавуазье составил первый список химических элементов. Из тридцати пяти названий в нем только 23 действительно являлись элементами. К первой трети XIX века число химических элементов достигло трех десятков, а к середине XIX века их количество перевалило за пятьдесят. И по-прежнему никто из ученых не знал, сколько же элементов находится в природе, хотя в химических методах определения элементов теперь уже никто не сомневался. Никто не знал и того, конечно или бесконечно число элементов. А так как, начиная с пятидесятых годов XIX века, почти не проходило года, чтобы кто-нибудь из химиков не открывал бы новый элемент, то некоторые ученые стали думать, что число различных эле-

¹ Между прочим, «призрак алхимизма» очень долго блуждал по Европе. Достаточно указать, что, например, во Франции только во второй половине XIX века специальным декретом правительства было закрыто последнее алхимическое общество.

ментов может быть столь же велико, как и число тел природы.

Многим «охотникам» за элементами казалось, что стремление найти ответы на эти вопросы является столь же бессмысленным, как было бессмысленно в свое время и отыскание «философского камня». Вот почему особенно величественно выступает из массы таких исследователей фигура выдающегося русского химика-ученого Дмитрия Ивановича Менделеева, поставившего перед собой цель разобраться во всем многообразии химических элементов и их соединений, свести их в единую естественную систему мира, отыскать закон природы, с помощью которого можно было бы предсказывать свойства еще неоткрытых химических элементов и соединений, которые они образуют.

Каким же образом поставленная Менделеевым задача была разрешена? Отвечая на этот неоднократно задаваемый ему вопрос, Д. И. Менделеев писал: «Посвятив свои силы изучению вещества, я вижу в нем два таких признака или свойства: массу, занимающую пространство и проявляющуюся в притяжении, а яснее или реальнее всего в весе, и индивидуальность, выраженную в химических превращениях, а яснее всего формулированную в представлении о химических элементах...». Отсюда, продолжал Д. И. Менделеев, «... невольно зарождается мысль о том, что между массой и химическими элементами необходимо должна быть связь, а так как масса вещества хотя и не абсолютная, а лишь относительная выражается окончательно в виде атомов, то надо искать... соответствия между индивидуальными свойствами элементов и их атомными весами». Так, в бесконечном многообразии свойств, присущих различным веществам, Менделеев усмотрел то общее свойство, которое, оказавшись присущим всем химическим элементам, привело его к открытию величайшего закона природы, ставшего руководящим законом не только химиков и физиков, но и любых специалистов, занимающихся изучением вещества. Таким общим, присущим всем веществам свойством, оказался вес составляющих их атомов — атомный вес.

Сопоставляя между собой известные в то время химические элементы, Менделеев после огромного мыслительного труда открыл, наконец, ту замечательную зависимость, ту общую закономерную связь между отдельными элемен-



тами, в которой они предстают как единое целое, где свойства каждого элемента являются не чем-то оторванным, самостоятельным, само собой существующим, а периодически и правильно повторяющимся явлением.

Менделеевым был открыт закон мироздания, который по периодической повторяемости свойств элементов, расположенных в порядке увеличения атомных весов, был назван им периодическим. В знак признания великой заслуги Менделеева, открытый им закон стали называть периодическим законом Менделеева.

Расположив похожие по свойствам химические элементы один под другим в порядке возрастания атомных весов и установив явственную периодичность свойств, Менделеев создал естественную классификацию, которая под именем периодической системы химических элементов

известна в настоящее время всему миру. В честь ее творца она называется в настоящее время периодической системой элементов Д. И. Менделеева или, часто, просто таблицей Менделеева.

В таблице Менделеева каждый химический элемент занимает определенное место, отмечающееся соответствующей цифрой, — порядковым номером химического элемента.

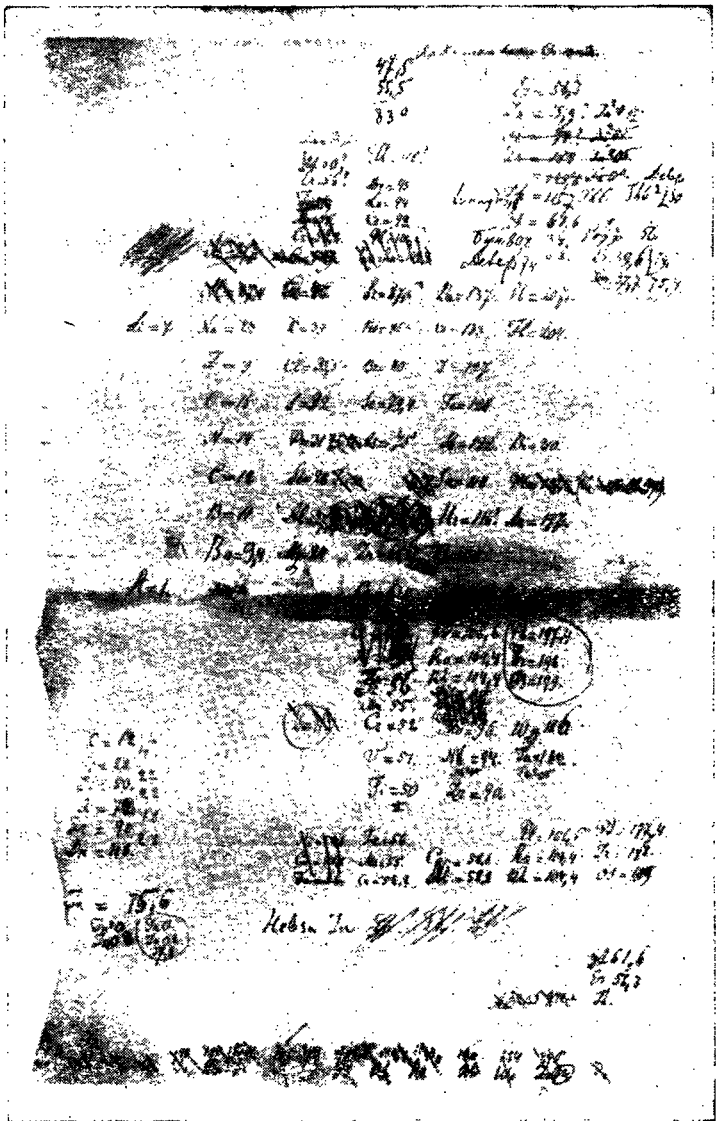
Некоторые места в таблице, созданной Менделеевым, оказались незаполненными, так как элементы, которые должны были бы занимать эти места, еще не были открыты. Таким образом, наличие пустых мест в периодической системе указывало на наличие в природе еще неоткрытых химических элементов, а по числу свободных мест в таблице можно было установить и число неоткрытых элементов. Изучая свойства известных химических элементов, окружающих свободное место в таблице, можно было судить и о свойствах еще не открытых элементов, предсказать многое до опытного изучения.

В марте 1869 г. Менделеев сообщил Русскому химическому обществу об открытом им законе в статье «О соотношении свойств с атомным весом элементов» и тогда же сформулировал основные положения открытого закона. Из них особенно замечательны следующие: «Величина атомного веса определяет характер элемента. Должно ждать открытия еще многих неизвестных простых тел... Некоторые аналогии¹ элементов открываются по величине веса их атома».

Пользуясь открытым законом, Менделеев предсказал и подробно описал свойства не которых еще не открытых и, конечно, никому не известных элементов. Дальнейшие открытия химических элементов подтвердили правильность предсказаний Менделеева и, явившись подлинным торжеством науки, поставили имя Менделеева на первое место в истории не только химии, но и всего естествознания. Всего Менделеевым было предсказано существование одиннадцати химических элементов, в том числе и таких элементов, как полоний, радий, протактиний.

Закон Менделеева — могучее оружие познания природы и ее закономерностей, и он по праву занимает в настоящее время первое место в науке о веществе. С помощью

¹ Аналог (от греческого «аналогиа» — соответствие) — сходный, подобный в определенном отношении.



Фотокопия первого так называемого горизонтального варианта периодической системы элементов Д. И. Менделеева, написанного его рукой с примечаниями для типографии

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ				
		I	II	III	IV	V
1	I	H ¹ 1,0080 Водород				
2	II	Li ³ 6,940 Литий	Be ⁴ 9,013 Бериллий	B ⁵ 10,82 Бор	C ⁶ 12,001 Углерод	N ⁷ 14,008 Азот
3	III	Na ¹¹ 22,991 Натрий	Mg ¹² 24,32 Магний	Al ¹³ 28,98 Алюминий	Si ¹⁴ 28,09 Кремний	P ¹⁵ 30,975 Фосфор
4	IV	K ¹⁹ 39,100 Калий	Ca ²⁰ 40,08 Кальций	Sc ²¹ 44,96 Скандий	Ti ²² 47,90 Титан	V ²³ 50,95 Ванадий
	V	Cu ²⁹ 63,54 Медь	Zn ³⁰ 65,38 Цинк	Ga ³¹ 69,72 Галлий	Ge ³² 72,60 Германий	As ³³ 74,91 Мышьяк
5	VI	Rb ³⁷ 85,48 Рубидий	Sr ³⁸ 87,63 Стронций	Y ³⁹ 88,92 Иттрий	Zr ⁴⁰ 91,22 Цирконий	Nb ⁴¹ 92,91 Ниобий
	VII	Ag ⁴⁷ 107,868 Серебро	Cd ⁴⁸ 112,41 Кадмий	In ⁴⁹ 114,82 Индий	Sn ⁵⁰ 118,70 Олово	Sb ⁵¹ 121,76 Сурьма
6	VIII	Cs ⁵⁵ 132,91 Цезий	Ba ⁵⁶ 137,36 Барий	La ⁵⁷ 138,92 Лантан	Hf ⁷² 178,6 Гафний	Ta ⁷³ 180,95 Тантал
	IX	Au ⁷⁹ 197,0 Золото	Hg ⁸⁰ 200,61 Ртуть	Tl ⁸¹ 204,39 Таллий	Pb ⁸² 207,21 Свинец	Bi ⁸³ 209,00 Висмут
7	X	Fr ⁸⁷ (223) Франций	Ra ⁸⁸ 226,05 Радий	Ac ⁹⁰ (227) Актиний	Th ⁹⁰ 232,05 Торий	Pa ⁹¹ 231 Протактиний
ВЫСШЕ СОЛЕОБРАЗУЮЩИЕ ОКСИДЫ		R₂O	RO	R₂O₃	RO₂	R₂O₅
ВЫСШЕ ГАЗООБРАЗНЫЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH₄	RH₃

★ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ

Ce ⁵⁸ 140,13 Церий	Pr ⁵⁹ 140,92 Прозердий	Nd ⁶⁰ 144,27 Неодим	Pm ⁶¹ (147) Прометий	Sm ⁶² 150,35 Самарий	Eu ⁶³ 152,0 Европий	Gd ⁶⁴ 157,26 Гадолиний
--	--	---	--	--	---	--

★ ★ ЗАУРАНОВЫЕ

Np ⁹³ (237) Нептуний	Pu ⁹⁴ (242) Плутоний	Am ⁹⁵ (243) Америций	Cm ⁹⁶ (247) Кюрий	Bk ⁹⁷ (249) Берклий
--	--	--	---	---

ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ЭЛЕМЕНТОВ

VI		VII		VIII			0
							He ² 4,003 Гелий
⁸ Кислород O 16	⁹ Фтор F 19,00						Ne ¹⁰ 20,183 Неон
¹⁶ Сера S 32,066	¹⁷ Хлор Cl 35,457						Ar ¹⁸ 39,944 Аргон
²⁴ Хром Cr 52,01	²⁵ Марганец Mn 54,94	²⁶ Железо Fe 55,85	²⁷ Кобальт Co 58,94	²⁸ Никель Ni 58,71			
³⁴ Селен Se 78,96	³⁵ Бром Br 79,916						Kr ³⁶ 83,80 Криптон
⁴² Молибден Mo 95,95	⁴³ Технеций (99) Tc	⁴⁴ Рутений Ru 101,1	⁴⁵ Родий Rh 102,91	⁴⁶ Паладий Pd 106,4			
⁵² Теллур Te 127,61	⁵³ Иод I 126,91						Xe ⁵⁴ 131,3 Ксенон
⁷⁴ Вольфрам W 183,92	⁷⁵ Рений Re 186,31	⁷⁶ Осмий Os 190,2	⁷⁷ Иридий Ir 192,2	⁷⁸ Платина Pt 195,23			
⁸⁴ Полоний Po (210)	⁸⁵ Астатин At (210)						Rn ⁸⁶ (222) Радон
⁹² Уран U** 238,07							
RO ₃	RO ₂	RO					
RH ₂	RH						

ЭЛЕМЕНТЫ (ЛАНТАНОИДЫ)

⁶⁵ Тербий Tb 158,93	⁶⁶ Диспрозий Dy 162,57	⁶⁷ Гольмий Ho 164,94	⁶⁸ Эрбий Er 167,27	⁶⁹ Тулий Tm 168,94	⁷⁰ Иттербий Yb 173,04	⁷¹ Лютеций Lu 174,99
---	--	--	--	--	---	--

ЭЛЕМЕНТЫ

Порядковый номер Символ

⁹⁸ Калифорний Cf 251	⁹⁹ Эйнштейний Es (254)	¹⁰⁰ Фермий Fm (255)	¹⁰¹ Менделеевий Md (256)	¹⁰² Нобелий No (253)	¹⁷ Хлор Cl 35,457
--	--	---	--	--	---------------------------------------

Название атомный вес

закона Менделеева ученые успешно раскрывали и раскрывают тайны природы, и когда на рубеже XIX и XX веков были открыты радиоактивные элементы, периодический закон помог ученым не только изучить их свойства, но и проникнуть внутрь атома, что в свою очередь увенчалось величайшим достижением XX века — использованием атомной энергии в практических целях. Не только химия, но многие науки, в числе их такие, как агрономия, биология, медицина, пользуются законом Менделеева. Безусловно, прав выдающийся ученый и знаток неорганической природы академик А. Е. Ферсман, который, оценивая значение закона Менделеева, писал: «Будут, конечно, появляться и умирать новые теории, блестящие учения физики и химии будут изменять устаревшие понятия, будут открываться новые широкие горизонты, но несомненно, что периодический закон Менделеева будет жить всегда!».

Руководясь периодическим законом, Менделеев ответил и на тысячелетней давности вопрос о числе основных веществ природы, о числе тех разновидностей строительного материала, из которого состоят Земля, Луна, Солнце, звезды, вся Вселенная.

В своей статье «Периодическая законность для химических элементов» Менделеев в 1871 г. писал: «...судя по тому, что в метеорных камнях, на солнце и звездах существуют те же элементы, какие мы знаем, ... можно думать, что число доступных нам элементов очень ограничено и если существуют немногие новые тяжелые элементы внутри массы земли, то число и количество их очень ограничено».

К настоящему времени все пустые места в периодической системе заполнены, атомы девяти следующих за ураном и искусственным путем полученных элементов радиоактивны, неустойчивы и быстро распадаются; если учесть, что при дальнейшем увеличении веса атома он, согласно данным современной науки, будет столь неустойчив, что его существование нельзя считать практически значимым, то общее число химических элементов, достоверно известных науке в настоящее время, равняется ста двум. Хотя возможность получения элемента 102 еще окончательно и не определена, мы считаем необходимым использовать имеющиеся сведения о работах по синтезу этого элемента.

В заключение краткого введения к рассказам об элементах дадим самое сжатое изложение основных понятий и определений, которые встречаются в тексте.

Вещества могут быть простыми и сложными: в сернистом железе—сложном веществе—находятся элементы серы и железо. Но до соединения серы с железом каждое из них в отдельности представляло простое вещество. Водород и кислород как простые вещества — это газы, но в одном из их соединений — перекиси водорода, содержатся не простые вещества, а элементы.

Одни простые вещества нельзя превратить в другие обычными химическими способами, а ядерные превращения, с помощью которых возможно осуществить такие превращения, принципиально отличаются от методов химии.

Сложные вещества могут быть разложены, но не всегда при этом образуются простые; окись ртути при разложении дает два простых вещества — ртуть и кислород, но карбонат кальция распадается при нагревании на окись кальция и углекислоту, которые сами представляют собой вещества сложные. Сложное вещество не всегда получается непосредственно из простых. Так гидрат окиси натрия получают из окиси натрия и воды. Таким образом можно сказать, что простые вещества состоят из одного элемента, сложные — из различных элементов. Простое вещество водород — из элемента водорода, сложное вещество вода — из различных элементов.

Общепризнано и бесспорно, что все материальные тела состоят из атомов. Атом — это наименьшая частица элемента, которую нельзя измельчить, раздробить дальше без потери свойств данного элемента.

Атомы при взаимодействии образуют молекулы простых и сложных веществ. Молекулы многих простых веществ состоят из одного атома (например, инертных газов).

Атомы химических элементов имеют сложную структуру.

Согласно современным представлениям, атом имеет сложное строение. Чтобы лучше представить себе его строение, давайте мысленно совершим путешествие в недра какого-нибудь наиболее распространенного и всем хорошо известного вещества, например, воды.

Если из определенного объема воды взять одну каплю и начать мысленно делить ее на все более и более мелкие капельки, то в конечном итоге мы можем получить столь мельчайшую капельку, дальнейшее деление которой, при условии сохранения всех присущих воде свойств, станет уже невозможным. Вот такие наименьшие частицы вещества, способные существовать самостоятельно, называются молекулами. Их название происходит от латинского слова «молес», что значит «массочка».

Все тела природы состоят из молекул. Даже крупные молекулы настолько малы, что их невозможно видеть в самые сильные оптические микроскопы современности. Чтобы судить о том, как малы размеры молекул и как велико их число, достаточно привести несколько примеров. Если в обыкновенном наперстке, наполненном водой, сделать отверстие, через которое в одну секунду вытекало бы по одному миллиону молекул воды, то вода из наперстка вытекла бы только через... один миллиард лет.

Химическими методами вода, как известно, может быть разложена на два газа — водород и кислород. Очевидно, что и мельчайшая частица воды — молекула также может быть разложена на водород и кислород. Наименьшие частицы водорода и кислорода, образующие молекулу

воды, называются атомами, от греческого слова «атомос», что значит «неделимое». Атомы — частицы еще более мелкие, чем молекулы. Например, размеры атомов водорода таковы, что на отрезке линейки длиной в 1 см их укладывается 100 миллионов. До XX века это название совпадало с основным представлением об атоме как наименьшей и действительно неделимой и неизменяемой частице. Исследованиями было установлено наличие в природе 92 различных видов атомов (элементов), из сочетания которых и состоят все вещества Вселенной.

К концу XIX века в науке стали накапливаться факты, свидетельствовавшие об ошибочности представлений о неделимости и неизменности атомов. Мысль о том, что атомы делимы, что они состоят из более простых частиц, была впервые высказана независимо друг от друга русскими учеными Н. Н. Бекетовым и А. М. Бутлеровым. Так, например, в работе «Основные понятия химии», вышедшей вторым изданием в 1902 г., А. М. Бутлеров писал, что атомы «...не неделимы по своей природе, а неделимы только доступными нам ныне средствами и сохраняются лишь в тех химических процессах, которые известны теперь, но могут быть разделены в новых процессах, которые будут открыты впоследствии...».

Историческое развитие химии полностью подтвердило предвидение великих русских ученых. И первой частицей, обнаруженной в составе атомов, был электрон, несущий отрицательный электрический заряд и имеющий ничтожно малую массу, равную 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 910 грамма.

Нарушение старых представлений о неделимости и неизменности атомов было воспринято буржуазными учеными как научное доказательство «несостоятельности» материализма, как доказательство «исчезновения» материи и торжество идеалистических представлений.

Огромную роль в деле разоблачения идеалистов, стремившихся использовать новейшие достижения науки для борьбы с материализмом и укрепления позиций идеализма, сыграл В. И. Ленин. В своей книге «Материализм и эмпириокритицизм», написанной в 1908 г. и вышедшей в свет в 1909 г., В. И. Ленин показал, что открытие радиоактивности, превращение одних атомов в другие, существование электронов и другие открытия только углубляют представления о веществе, не только не опровер-

гают материализм, а наоборот, укрепляют его позиции, который всегда признавал, признает и будет признавать сложность любой, самой малой частицы (будет ли это атом, электрон и т. п.) и неисчерпаемость свойств материи.

Передовым ученым труды В. И. Ленина помогли разорвать идеалистические сети, расставленные на путях к познанию закономерностей природы, и проникнуть в глубь атома.

В начале XX века ученым удалось установить основные черты строения атомов. В центре атома находится крохотное в несколько тысяч раз меньше размера атома ядро, в котором почти полностью (99,9%) сосредоточена масса атома. Вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца, вращаются электроны. Число электронов для атома каждого элемента можно определить по таблице Д. И. Менделеева: оно равно порядковому номеру элемента в таблице. Электроны размещаются на разных расстояниях от ядра, и те из них, которые расположены в наружном слое, т. е. наиболее удалены от ядра, называются «внешними» или валентными электронами. «Внешние» электроны играют главную роль в химических превращениях. Переходя в процессе химических реакций от атома к атому, они обуславливают химическое поведение атома и определяют его валентность. Число валентных электронов в атоме можно также определить по таблице Д. И. Менделеева. Как правило, оно равно номеру группы, в которой находится соответствующий элемент в периодической системе.

Атомное ядро, имея весьма малый объем, содержит вещество в весьма уплотненном состоянии. О величине плотности ядерного вещества можно судить по следующим данным. Если бы один кубический сантиметр наполнить только атомными ядрами, то вес этого «кубичка» составил бы 100 миллионов тонн. «Кубик» в один кубический миллиметр (приблизительно объем двух булавочных головок), наполненный ядерным веществом, имел бы вес двух линейных кораблей по 50 тысяч тонн каждый. Дальнейшее изучение структуры ядра, проведенное советским ученым Д. Д. Иваненко, вновь подтвердило основное положение диалектического материализма о сложности строения атомных частиц. Оказалось, что атомное ядро является сложным образованием и в своем составе содержит протоны и нейтроны, которые вместе взятые называются нуклонами.

Протон представляет собой частицу, несущую положительный электрический заряд, равный по величине заряду электрона, и обладающую ничтожно малой массой, равной 0,000 000 000 000 000 000 000 001 672 грамма.

Так как в обычных условиях атомы электронейтральны, то это значит, что число протонов в ядре равно числу электронов, т. е. равно порядковому номеру элемента в периодической системе Д. И. Менделеева.

Нейтрон — частица нейтральная, т. е. не имеющая электрического заряда. Масса нейтрона практически равна массе протона и составляет 0,000 000 000 000 000 000 000 001 674 грамма. Таким образом, присутствие нейтронов в ядре, не сказываясь на его заряде, влияет на массу. Следовательно, масса ядра определяется суммой масс протонов и нейтронов и выражается в целых числах. Эта сумма называется массовым числом. Вычитая из этой величины число протонов (порядковый номер), легко определить и число нейтронов для любого элемента.

Условились ядра элементов обозначать теми же символами, что и соответствующие им атомы элементов, указывая цифрой слева и внизу от символа число протонов, а справа и вверху от символа — массовое число. Ядро атома гелия в такой записи будет изображаться: ${}^4_2\text{He}$.

Сложностью строения ядра объясняется наличие у одного и того же химического элемента разного вида атомов, отличающихся массовым числом. Такие разновидности атомов одного и того же химического элемента называются изотопами — равноместными, от греческих слов «изо» — равный и «топос» — место. Название объясняется тем, что изотопы определенного элемента, отличаясь по массовому числу, имеют одинаковый заряд ядра и, следовательно, одинаковые химические свойства. Поэтому они занимают в периодической системе элементов одно и то же место. Каждый химический элемент представляет собой смесь нескольких изотопов. Число изотопов у различных химических элементов не одинаково. Так, например, олово имеет 10 изотопов, платина — 6, уран — 3 и т. д. Изотопы делятся на устойчивые, нерадиоактивные изотопы и неустойчивые, или радиоактивные. Количество устойчивых изотопов достигает 250, количество радиоактивных изотопов приближается к тысяче.

Радиоактивностью называется явление самопроизвольного испускания атомами некоторых веществ невидимых,

но сравнительно легко обнаруживаемых лучей. От латинского слова «радиус», что значит луч, такие вещества стали называть радиоактивными, «лучедействующими». Радиоактивные лучи обладают совершенно необычными, многообразными свойствами. Воздух, пронизываемый радиоактивными лучами, становится электропроводным. Радиоактивные лучи вызывают почернение светочувствительных материалов (фотопленки, пластинки, бумаги); проникают через толщу непрозрачных тел, изменяют цвет окрашенных веществ и окрашивают бесцветное стекло в различные цвета; вызывают свечение тел; разлагают воду на составляющие ее элементы; производят сильное биологическое действие: убивают микроорганизмы, разрушают ткани животных и в зависимости от дозы, активизируют или угнетают жизненные процессы.

Изучение радиоактивности показало, что известные науке обычные воздействия: нагревание, охлаждение, давление, активные химические вещества не изменяют силы радиации. Зная, что химические свойства атомов связаны с их внешними электронами, оставалось допустить, что радиоактивность — явление, связанное с глубинными частями атомов; что это не обычный химический, а глубокий — ядерный процесс. А так как радиоактивные излучения сопровождаются внезапным выделением энергии, то это свидетельствовало также и о том, что в атомных ядрах скрыты огромные запасы внутриатомной, или ядерной энергии.

По природе и свойствам радиоактивные излучения делятся на три вида, называемые по первым буквам греческого алфавита альфа-, бета- и гамма-лучами. Из них только гамма-лучи действительно являются лучами, т. е. очень короткими электромагнитными волнами, распространяющимися со скоростью света (300 000 км в сек). Они обладают, подобно рентгеновским лучам, большой проникающей способностью, которая для воздуха измеряется сотнями метров. Для полного поглощения гамма-лучей требуется слой свинца не менее 15—20 см. Для ослабления действия гамма-лучей в два раза необходим слой свинца в 1,5 см, или слой железа в 3 см, слой бетона должен иметь уже 10 см, а дерева — 25 см.

Бета-лучи представляют поток отрицательно заряженных частиц, одинаковых по величине заряда, массе, и по природе с электронами. Проникающая способность бета-

лучей значительно меньше, чем у гамма-лучей и для воздуха измеряется 18—20 метрами. Слой свинца в три миллиметра толщиной полностью задерживает бета-лучи.

Альфа-лучи — это поток положительно заряженных частиц, называемых альфа-частицами и представляющих собой ядра атомов гелия. Каждая альфа-частица содержит 2 протона и 2 нейтрона, т. е. массовое число ее равняется четырем, а заряд — двум единицам. Скорость распространения альфа-частиц достигает 20 000 км в секунду. Проникающая способность альфа-лучей еще меньше, чем бета-лучей. В воздух альфа-лучи проникают на 10—12 см, а лист обыкновенной писчей бумаги задерживает их почти полностью. В состав радиоактивного излучения не обязательно входят все три вида лучей одновременно.

В настоящее время различают естественную и искусственную радиоактивность. Естественной называют радиоактивность естественных, т. е. встречающихся в природе, химических элементов или их изотопов. Радиоактивность, которой обладают элементы или их изотопы, полученные искусственным путем, называется искусственной радиоактивностью.

Изучение радиоактивности показывает, что испускание тех или иных лучей сопровождается распадом атомов одних химических элементов и образованием других. Иными словами атомы элементов могут превращаться друг в друга. Так, например, твердый радиоактивный элемент радий в процессе излучений переходит в другой, тоже радиоактивный, но уже газообразный элемент — радон. Последний в процессе излучения, вновь распадаясь, превращается в новый элемент полоний и т. д.

Все, образующиеся в процессе излучения продукты, можно расположить в единый радиоактивный ряд или семейство элементов. Такое превращение одного радиоактивного элемента в другой происходит до тех пор, пока в результате радиоактивного распада не образуются атомы устойчивого нерадиоактивного элемента. В настоящее время известны 4 радиоактивных ряда. Ряд урана, ряд тория, ряд актиноурана и ряд нептуния. Каждый ряд заканчивается нерадиоактивным изотопом свинца. Поэтому все элементы, расположенные в таблице Д. И. Менделеева, за свинцом, как правило, обладают естественной радиоактивностью. Для характеристики продолжительности существования, или как говорят «жизни» радиоак-

тивного элемента пользуются специальным понятием, называемым периодом полураспада. Периодом полураспада называется время, в течение которого количество радиоактивного вещества уменьшается наполовину. Так, например, период полураспада радия с массовым числом 226 равен 1590 лет. Это значит, что от одного грамма радия через 1590 лет останется полграмма, через следующее 1590 лет — четверть грамма и т. д. Периоды полураспада могут колебаться в весьма широких интервалах. Так, например, период полураспада урана с массовым числом 238 равен 4,5 миллиардам лет, в то время, как полоний с массовым числом 213 имеет период полураспада равный одной миллионной доле секунды.

Изучение радиоактивности открыло новый способ воздействия на атомное ядро, а именно: воздействие радиоактивным излучением. В 1919 г. английский физик Розерфорд применил для разрушения атомных ядер энергию альфа-частиц. «Бомбардируя» ими атомы азота, ему удалось получить ядра одного из изотопов кислорода. Вскоре с помощью альфа-частиц удалось расщепить ядра и других химических элементов.

Изучая действие альфа-частиц на атомы устойчивых элементов, известные французские ученые Ирен и Фредерик Жолио-Кюри открыли возможность получения радиоактивных изотопов многих элементов искусственным путем. Открытый этими учеными способ заключается в облучении атомов химических элементов быстро движущимися частицами. Для сообщения частицам больших скоростей в настоящее время применяют специальные устройства — ускорители. Это огромные технические сооружения, позволяющие с помощью электрической энергии сообщать частицам огромные скорости, а значит и энергию. Чтобы судить о величине скоростей, достаточно сказать, что в одну секунду частица совершает путь, во много раз превышающий длину окружности экватора. В крупнейшем ускорителе, советском синхрофазотроне, вступившем в строй в 1957 году, частицы получают огромные энергии — в 10 миллиардов электрон-вольт. О величине советского синхрофазотрона можно судить по электромагниту, весящему 36 000 т.

Открытие ядерных реакций, ведущих к получению новых, не встречающихся в природе радиоактивных изотопов, явилось величайшим достижением человеческого

гения, позволившим создавать радиоактивные изотопы для любого элемента периодической системы Д. И. Менделеева. Хотя общее число радиоактивных изотопов, полученных в настоящее время, как уже указывалось, приближается к тысяче, наибольшее практическое применение имеет сравнительно небольшое их число.

АТОМЫ САМИ СИГНАЛИЗИРУЮТ О СВОЕМ ПРИСУТСТВИИ

Многие века ученые полагали, что все существующие в природе цвета и их оттенки происходят в результате смешивания света с... «тьмой!» А так как «тьму» представляли носительницей черного цвета, то считалось, что основным цветом в природе является черный, от разбавления которого бесцветным светом получаются все остальные. Вышло, что, например, в синем цвете много «тьмы» и мало света, в желтом, наоборот, много света и мало «тьмы».

Так думали, так считали, так утверждали. Однако никто не мог доказать справедливость такого заключения, никто не мог разложить какой-либо цвет на «тьму» и свет.

И только в 1666 г. тогда еще молодой и мало известный, а впоследствии знаменитый физик, математик и астроном Исаак Ньютон впервые провел свой знаменитый опыт по разложению света с помощью стеклянной призмы. Суть этого опыта состоит в том, что если свет пропустить через стеклянную призму, то, пройдя ее, он разветвляется в яркую полоску, составленную из различных постепенно переходящих один в другой цветов. В цветной полоске, получившей название спектра (от латинского слова «спектрум» — видимое) насчитывается семь цветов. Ньютон доказал, что существовавшее объяснение цветов неправильно. Оказалось, что не «тьма», а бесцветный свет или белый цвет, как стали называть его впоследствии, является основным и состоит, в свою очередь, из семи цветов.

Почти двести лет спустя (в 1858 г.) после опытов Ньютона, профессор химии в Гейдельбергском университете Роберт Бунзен изобрел горелку для сжигания горючих

газов. С помощью горелки Бунзена можно было получать пламя очень высокой температуры. Помещая в пламя горелки различные вещества, Бунзен заметил, что они, раскаляясь и превращаясь в пар, окрашивают пламя в различные цвета. Замечательным было то, что каждое вещество окрашивало пламя в определенный цвет. Так, например, медь давала пламя зеленого цвета, натрий давал желтое пламя, стронций — малиново-красное.

Вначале Бунзен решил, что он открыл чрезвычайно простой, точный и, главное, быстрый способ анализа. Вместо длительных операций химического исследования вещества достаточно было внести исследуемое вещество в пламя горелки, чтобы по окраске пламени решить вопрос о природе вещества. Зеленое пламя укажет медь, желтое «скажет» о натрии, малиново-красное «откроет» стронций.

Но вскоре же пришло разочарование. Оказалось, что, например, литий дает пламя одинакового цвета со стронцием, слабая фиолетовая окраска пламени от калия исчезает если вместе с ним присутствуют соединения натрия. Убедившись в том, что различные вещества, нагреваясь в горелке, дают очень часто пламя одинакового цвета, Бунзен уже был склонен прекратить свои исследования. Но ему помог Густав Кирхгоф, профессор физики, занимавший кафедру в том же Гейдельбергском университете.

Кирхгоф решил пропускать свет от окрашенного пламени через призму, рассчитывая установить закономерности спектра различных веществ. Расчет Кирхгофа оправдался: оказалось, что пламя каждого из различных веществ дает особый, отличный от всех других, спектр. Причем спектры пламени отличались от спектра белого света своим видом: они были не сплошными, а состояли из отдельных узких цветных полосок, почти линий, располагающихся в различных частях спектральной дорожки. Так, спектр лития состоял из одной яркой красной линии и одной оранжевой послабее. Спектр стронция, пары которого окрашивали пламя бунзеновской горелки в такой же малиново-красный цвет, как и литий, состоял из одной голубой, двух красных, оранжевой и желтой линий. Пары натрия давали спектр с двумя желтыми линиями, так близко расположенными друг к другу, что вначале она была принята за одну.

³ Усовершенствовав прибор для наблюдения спектров и назвав его спектроскопом (от слов: «спектр» и «скопо» — наблюдаю, смотрю), Кирхгоф передал свой прибор Бунзену, который стал исследовать буквально все, что попадалось ему под руку. Множество различных веществ исследовал Бунзен, помещая их в жаркое пламя своей горелки и наблюдая спектр раскаленных паров. Теперь у него уже не было сомнений в том, что открыт новый способ распознавания химических веществ. Вскоре Бунзен убедился и в необычайной чувствительности и точности нового способа исследования. Так, исследуя кусочки гранита, отколотые от скалы в окрестностях Гейдельберга, Бунзен обнаружил в них с помощью спектроскопа литий. Это вещество он нашел и в воде источника, вытекавшего у подножья той же скалы. Тогда Бунзен решил исследовать листья растений, цепляющихся за склоны скалы, желая проверить в листьях наличие лития. По мнению Бунзена, этот элемент должен был попасть в растения вместе с водой, поглощенной корнями растений из почвы, покрывавшей тонким слоем гранитные глыбы. Спектроскоп указал наличие лития и в листьях растения. Бунзен покормил корову этими листьями и обнаружил после этого в ее молоке тот же литий. Больше того, литий был обнаружен и в крови людей, пивших молоко этой коровы.

Точность и чувствительность нового метода была исключительной. Достаточно было, например, потереть пальцами над пламенем горелки, чтобы в спектроскопе вспыхнула желтая линия натрия, входящего в состав ткани. В буквально невесомых частицах, стертых с поверхности кожи, содержится не более одной десятиллионной доли миллиграмма¹. Никакими иными способами невозможно обнаружить такие количества вещества. И действительно, достаточно было человеку, носящему, например, очки в медной оправе, поправить их у себя на носу, чтобы можно было обнаружить медь на его пальцах.

Возникновение и характер спектров, как это было установлено значительно позже, связаны со строением атомов вещества. Так как различные атомы дают и различные спектры, то, очевидно, в природе существует столько же различных спектров, сколько и различных «сортов» атомов. Атомы любого вещества, подобно микроскопиче-

¹ Миллиграмм — одна тысячная доля грамма

ским радиостанциям, способны подавать свой, им только свойственный «сигнал»- спектр, по которому эти атомы и могут быть обнаружены, где бы они ни находились.

В 1860 г., исследуя спектр минерала, полученного из Саксонии и называвшегося лепидолитом, Бунзен и Кирхгоф увидели красные линии, которые не совпадали с положением линий в спектрах известных в то время элементов. С тем же самым столкнулись исследователи и при изучении спектра сухого остатка, полученного при выпаривании воды из источников курортного местечка Дюркгейм. Только на этот раз линии в спектре были красивого небесно-голубого цвета. Бунзен решил, что лепидолит и дюркгеймская вода содержат новые еще неизвестные элементы.

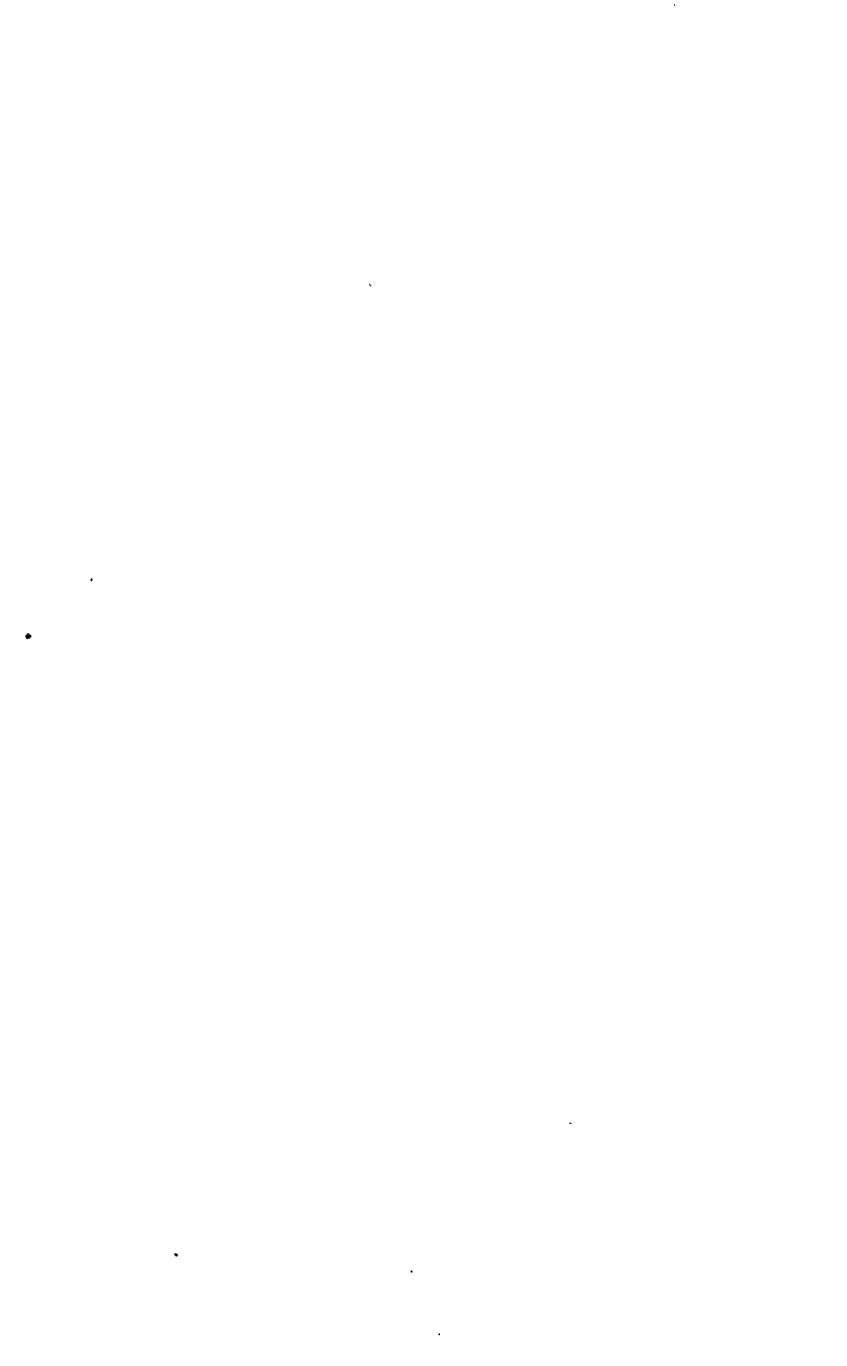
Действительно, в том же году Бунзен выделил из лепидолита и минеральной воды новые элементы. Один из них за красный цвет спектральных линий называли рубидием (от латинского слова «рубидус» — красный), другой за голубые линии — цезием «цезиус» по-латыни — голубой).

В качестве веселого курьеза можно рассказать о проделке известного физика Роберта Вуда. У студентов, проживающих в частном пансионате, возникло подозрение в доброкачественности пищи; не готовит ли хозяйка завтрак из остатков обеда? Вуд оставил во время обеда на тарелке кусок мяса, посыпав его хлористым литием. Получив мясо на завтрак, он озолил его в муфельной печи, а золу проверил с помощью спектроскопа. Появилась предательская красная линия!

Хозяйка пансионата была разоблачена!

Открытие новых элементов было блестящей победой нового способа исследования природы, который был назван спектральным анализом. Спектральный анализ получил в науке широкое распространение и обогатил ее большим числом замечательных открытий. С помощью спектроскопа человек определил состав далеких звезд, Солнца, метеоров, сгорающих в яркой вспышке высоко над землей и т. д. В настоящее время спектроскоп — необходимый прибор каждой хорошо оборудованной лаборатории. Он нужен физикам и химикам, астрономам и геологам, агрономам и минералам, врачам и биологам, инженерам и металлургам.





**КИРПИЧИ
МИРО/
ЗДАНИЯ**



ИЗ ОГНЯ, РОЖДАЮЩИЙ ... ВОДУ

1. Водород — Hydrogenium (H)

Вода из огня! Это кажется невероятным, но это факт. И этот факт впервые установил (1781—1782 гг.) английский ученый Генри Кэвендиш. Он сжег в закрытом сосуде бесцветный, без вкуса и запаха газ, который в те времена называли «горючим воздухом», и обнаружил, что продуктом горения была вода. Вначале Кэвендиш не поверил полученному результату, но, проделав ряд точных опытов по сжиганию «горючего воздуха», он убедился, что продуктом горения была только вода, «которая не имела ни вкуса, ни запаха и при испарении досуха не оставляла ни малейшего заметного осадка».

Следует заметить, что еще до Кэвендиша выдающийся английский естествоиспытатель Д. Пристли наблюдал появление влаги при горении и взрыве смеси «горючего воздуха», но ... не обратил на это должного внимания.

Несмотря на то, что «горючий воздух» был известен еще немецкому врачу и естествоиспытателю Парацельсу (XVI в.), а знаменитый английский химик, физик и философ Роберт Бойль в 1660 г. сумел не только получить «горючий воздух» из серной кислоты и железа, но и собрать его в сосуд, чего не умели делать до него, простая (элементарная) природа этого газа была установлена только в 1783 г. В этом году французский ученый Антуан Лоран

Лавуазье, желая проверить опыты Кэвендиша, провел точные исследования по изучению продукта горения «горючего воздуха». Они подтвердили опыты Кэвендиша — продуктом горения «горючего воздуха» была только вода. Это было доказано Лавуазье не только путем сжигания «горючего воздуха», но и путем разложения продукта его горения. Правда, поводом к анализу воды послужило отыскание дешевого способа получения водорода, предпринятое Лавуазье по заданию французской Академии наук в связи с начавшимся развитием воздухоплавания.

За способность производить воду «горючий воздух» стали впоследствии называть водородом. Научное название водорода — «хидрогениум» происходит от греческих слов «хидор» — вода и «генао» — рождаю, произвожу. Таким образом, в названии водорода отражено его основное свойство — способность гореть с образованием воды.

Атомы водорода имеют наименьший вес среди всех атомов других химических элементов, и поэтому химический знак водорода занимает первое место в периодической системе Д. И. Менделеева.

Водород — один из наиболее распространенных элементов природы, он всюду обнаружен во Вселенной — на Солнце, звездах, в туманностях, в мировом пространстве. На Земле основная масса водорода находится в связанном состоянии, в виде различных соединений и, главным образом, на поверхности земли в виде воды. Общее количество водорода на земле достигает 1% от веса земной коры.

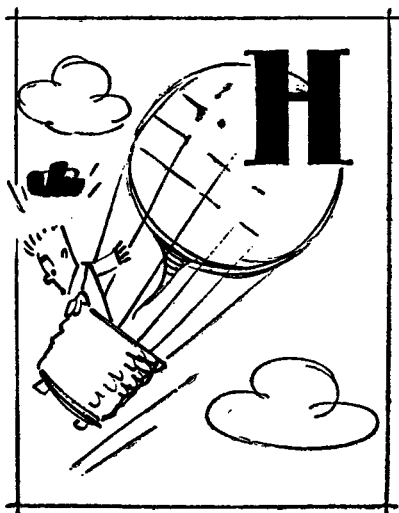
В межзвездном пространстве атомы водорода встречаются в несколько сот раз чаще, чем атомы всех остальных элементов вместе взятых. Водород преобладает над другими элементами в атмосферах звезд и является главной составной частью солнечной атмосферы.

Значение водорода во Вселенной исключительно велико, в ней он играет особую роль, являясь «космическим топливом», дающим энергию звездам, а в числе их и нашему Солнцу.

В недрах Солнца, где температура достигает 20 миллионов градусов и вещество находится под давлением восьми миллиардов атмосфер, атомы водорода теряют электроны и ядра таких атомов (протоны) приобретают скорости, при которых протекают ядерные реакции. Ядерные реакции, текущие при очень высокой температуре, называются термоядерными. Термоядерная реакция, при которой из четы-

Рек ядер водорода образуется ядро нового химического элемента— гелия, и является источником солнечной энергии.

Образование гелия из водорода, как показал немецкий ученый Бете, происходит на Солнце значительно сложнее, но конечный итог реакции дает тот же результат: вместо четырех ядер водорода появляется ядро гелия. Энергия, освобождающаяся при этой реакции, обеспечивает излучение



того огромного количества тепла и света, которое дает Солнце в течение уже многих миллиардов лет. Чтобы составить себе представление о количестве энергии, излучаемой Солнцем, достаточно сказать, что для создания такой величины понадобилось бы 180 000 000 миллиардов электростанций, обладающих мощностью Куйбышевской ГЭС (около 2 млн. киловатт).

Водород в свободном состоянии встречается на земле в вулканических газах; небольшое количество водорода выделяется растениями. В атмосфере, даже в верхних ее слоях, водород содержится в незначительных количествах, не превышающих 0,00005% по объему.

В чистом виде водород представляет газ в 14,54 раз легче воздуха, не имеющий цвета, запаха и вкуса. Водород не ядовит. Водород диффундирует и эффундирует¹ быстрее всех других газов и лучше всех их проводит тепло (теплопроводность водорода в 7 раз больше воздуха).

В природе водород встречается в виде трех изотопов: обычный водород, тяжелый и сверхтяжелый водород. Тяжелый водород содержится в обычном водороде в небольших количествах. На 5 тысяч атомов обычного водорода приходится 1 атом тяжелого. От греческого слова «дей-

¹ Эффузия — истечение через узкое отверстие.

Терос», что значит второй, тяжелый водород, как второй изотоп водорода, называется дейтерием. По аналогии с протоном, ядро этого атома получило название — дейтон; часто его называют дейтерон.

Обозначают дейтерий двояким образом — или латинской буквой «D», или сохраняют химическое обозначение водорода и указывая цифрой 2 его массовое число пишут H^2 .

Дейтерий отличается от обычного водорода строением ядра. Ядро дейтерия состоит из протона и нейтрона, поэтому масса атома дейтерия в два раза больше массы атома обычного водорода. Такое резкое расхождение в массах изотопов одного и того же химического элемента является единственным случаем среди известных изотопов различных элементов. Обычный водород, атомы которого являются простейшими (состоят из одного протона и одного электрона) от слова «протос» — простой, называется иногда протием.

Вода, в которой протий заменен дейтерием, называется тяжелой. Она отличается от обычной своими свойствами. Так, тяжелая вода замерзает не при 0° , как обычная, а при $+3,8^\circ$, кипит не при 100° , а при $101,4^\circ$, имеет большую плотность (1,1056), чем обычная; в тяжелой воде невозможна жизнь. В обычной воде всегда содержится примесь тяжелой. Количество ее невелико и составляет 0,02% от веса каждой капли. Однако собранная со всего земного шара она могла бы наполнить водоем, равный по величине объему Черного моря.

Тяжелая вода используется при получении атомной энергии в ядерных реакторах в качестве вещества, замедляющего нейтроны.

Получение тяжелой воды в чистом виде — длительный и дорогой процесс, основанный на электролизе (разложении электрическим током) воды, при котором в первую очередь разлагаются молекулы «обыкновенной» воды, тогда как тяжелая — накапливается в остатке. Среди стран Западной Европы производство тяжелой воды в промышленном масштабе было впервые осуществлено в годы второй мировой войны в Германии на территории оккупированной Норвегии, располагавшей дешевой энергией гидроэлектростанций, и предназначалось для создания нового вида оружия (по-видимому, атомной бомбы), на которое командование фашистских армий возлагало последние надежды.

28 февраля 1943 г. норвежские патриоты совместно с английскими парашютистами взорвали цех тяжелой воды. Начавшиеся вслед за этим налеты на завод английской авиации вынудили фашистское командование перевезти оборудование и накопленный запас воды в Германию. Норвежские бойцы из армии сопротивления 20 февраля 1945 г. взорвали пароход, уничтожив вместе с оборудованием и 16 куб. метров тяжелой воды.

Стоимость тяжелой воды все еще высока и в настоящее время. По данным зарубежной печати один кубический метр тяжелой воды стоит не менее 300 тысяч долларов.

Известен и третий «сверхтяжелый» изотоп. Тритий — называют этот изотоп от латинского слова «тритуум» — третий. Он может быть получен искусственным путем в результате ядерных реакций, например, при «стрельбе» нейтронами в атомы легкого металла лития. В ядрах атомов трития имеется два нейтрона и один протон. В природе распространенность трития ничтожно мала. Один атом трития приходится на миллиард миллиардов атомов обычного водорода. Тритий является радиоактивным изотопом водорода. Он излучает бета-частицы и превращается в изотоп гелия с атомным весом 3. Период полураспада трития около 12,5 лет.

В свободном состоянии водород может быть получен различными способами. Для технических нужд водород получается, главным образом, при реакции взаимодействия водяного пара высокой температуры с угарным газом. Образовавшийся одновременно с водородом углекислый газ легко отделяется от водорода путем превращения в жидкость при охлаждении под повышенным давлением.

Температуры же кипения и плавления водорода очень низки (соответственно: — 253° и — 259°) и он остается в газообразном состоянии.

В некоторых случаях водород получают действием паров воды на раскаленное железо. Удобным способом является также получение водорода из воды путем разложения ее электрическим током. Этот способ предложен в 1802 г. известным русским физиком и электротехником В. В. Петровым.

Практическое применение водорода разнообразно. Являясь наилегчайшим газом, он применяется для наполнения оболочек воздушных шаров, метеорологических зондов, стратостатов и других воздухоплавательных аппа-

ратов. История воздухоплавания, начиная с воздушного шара в 18 куб. метров, созданного французским физиком Шарлем, до гигантских управляемых дирижаблей германского конструктора Цеппелина, неразрывно связана с водородом. Однако горючесть водорода при легкой его воспламеняемости от случайных и трудно устранимых причин (грозовые разряды, искры при электризации трением и др.) ограничивала возможности его использования в воздухоплавании.

В химической промышленности водород служит исходным материалом для получения различных веществ (аммиака, твердых жиров и т. д.). Высокая температура горения водорода (до 2500°) в кислороде используется с помощью специальных горелок для плавления кварца, тугоплавких металлов, разрезания стальных плит и т. д.

В связи с известной ограниченностью в природе запасов жидкого топлива водород в будущем может приобрести большое значение в качестве топлива для двигателей.

Водородный мотор, получающий топливо из баллонов с жидким водородом, имеет ряд преимуществ перед обычным двигателем внутреннего сгорания. Водородный двигатель может быть пущен в ход при любых температурах. Коэффициент полезного действия у водородного мотора больше, чем у нефтяного или бензинового. Воздух при работе мотора на водородном топливе не загрязняется вредными отбросами (угарный газ, продукты неполного сгорания — дым и т. д.). Выхлопными газами водородного мотора является водяной пар. В цилиндрах и выхлопных трубах не образуется нагара, что во много раз удлиняет сроки их службы.

Замечательно, что для получения водорода в качестве топлива нужна только ... вода. Причем запасы воды — основного «сырья» для получения водорода — на земном шаре буквально неисчерпаемы и составляют $2 \cdot 10^{18}$ (2 миллиарда миллиардов) тонн. Также неисчерпаемой является и энергия текучей воды крупных рек, которая, превращаясь с помощью электростанций в энергию электричества, может служить для получения водорода из воды разложением ее электрическим током.

Таким образом, используя водород, человечество будет обеспечено моторным топливом на вечные времена. Ныне это еще неприемлемо из-за сложности и дороговизны получения водорода из воды путем электролиза.

Успехи атомной физики и химии открыли путь к возможности использования в практических целях изотопов водорода. К сожалению, эти возможности в первую очередь были использованы для целей военного характера, для создания так называемой водородной бомбы.

В водородной бомбе используется энергия термоядерной реакции (между дейтерием и тритием), ведущей к образованию гелия и выделению нейтронов.

Чтобы между изотопами водорода началась реакция, надо нагреть их до сверхвысоких температур, порядка не менее 10 миллионов градусов. Такая температура возникает при взрыве атомной бомбы, которая играет роль запала в водородной бомбе.

Водородная бомба превосходит по своей силе атомную. Дело в том, что в атомной бомбе количество атомного взрывчатого материала ограничено и не может превышать определенной так называемой критической массы; в водородной бомбе количество взрывчатого вещества (смесь изотопов водорода) не ограничено.

Рассчитывая на монопольное обладание секретом изготовления водородной бомбы, американский империализм пытался запугать миролюбивые народы и сделать их послушными интересам капитализма.

Однако этот расчет поджигателей войны был уничтожен в самой основе. 20 августа 1953 г. было опубликовано правительственное сообщение об успешном испытании водородной бомбы в СССР. Однако в этом сообщении, как и в ряде последующих заявлений, Правительство СССР еще раз подтвердило свою готовность пойти на запрещение всех видов атомного и водородного оружия.

Неисчерпаемая энергия легчайшего элемента должна служить миру и счастью народов!

ЕГО НАШЛИ НА СОЛНЦЕ

2. Гелий — Helium (He)

18 августа 1868 г. ожидалось полное солнечное затмение. Астрономы всего мира деятельно готовились к этому дню. Они надеялись разрешить тайну протуберанцев—светящихся выступов, видимых в момент полного солнеч-

ного затмения на краях солнечного диска. Одни астрономы полагали, что протуберанцы представляют собой высокие лунные горы, которые в момент полного солнечного затмения освещаются лучами Солнца; другие думали, что протуберанцы — это горы на самом Солнце; третьи видели в солнечных выступах огненные облака солнечной атмосферы. Большинство же считало, что протуберанцы не больше, как оптический обман.

В 1851 г., во время солнечного затмения, наблюдавшегося в Европе, немецкий астроном Шмидт не только увидел солнечные выступы, но и успел разглядеть, что очертания их меняются с течением времени. На основании своих наблюдений Шмидт заключил, что протуберанцы являются раскаленными газовыми облаками, выбрасываемыми в солнечную атмосферу гигантскими извержениями. Однако и после наблюдений Шмидта многие астрономы по-прежнему считали огненные выступы обманом зрения.

Только после затмения 18 июля 1860 г., которое наблюдалось в Испании, когда многие астрономы увидели солнечные выступы собственными глазами, а астрономам — итальянцу Секки и французцу Делларю удалось не только зарисовать, но и сфотографировать их, ни у кого уже не было сомнений в существовании протуберанцев.

К 1860 г. был уже изобретен спектроскоп — прибор, дающий возможность путем наблюдений видимой части оптического спектра определять качественный состав тела, от которого получается наблюдаемый спектр. Однако в день солнечного затмения никто из астрономов не воспользовался спектроскопом, чтобы рассмотреть спектр протуберанцев. О спектроскопе вспомнили, когда затмение уже закончилось.

Вот почему, готовясь к солнечному затмению 1868 г., каждый астроном в список инструментов для наблюдения включил и спектроскоп. Не забыл этот прибор и Жюль Жансен, известный французский солнцеед, отправляясь для наблюдения протуберанцев в Индию, где условия для наблюдения солнечного затмения по вычислениям астрономов были наилучшими.

В момент, когда сверкающий диск Солнца был полностью закрыт Луной, Жюль Жансен, исследуя с помощью спектроскопа оранжево-красные языки пламени, вырывавшиеся с поверхности Солнца, увидел в спектре, кроме трех зна-

комых линий водорода: красной, зелено-голубой и синей, новую, незнакомую — ярко-желтую. Ни одно из веществ, известных химикам того времени, не имело такой линии в той части спектра, где ее обнаружил Жюль Жансен. Такое же открытие, но у себя дома, в Англии, сделал астроном Норман Локиер.

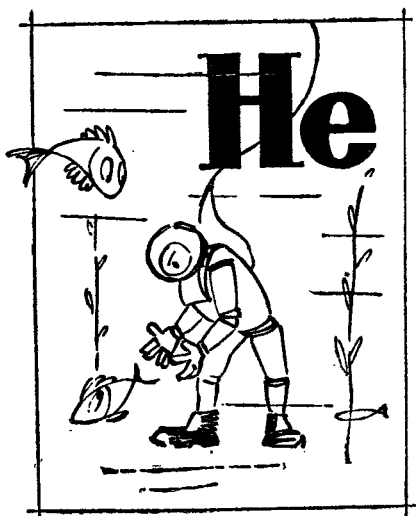
25 октября 1868 г. парижская Академия наук получила два письма. Одно, написанное на следующий день после

солнечного затмения, пришло из Гунтура, маленького городка на восточном побережье Индии, от Жюля Жансена; другое письмо, от 20 октября 1868 года, было из Англии от Нормана Локиера.

Полученные письма были зачитаны на заседании профессоров парижской Академии наук. В них Жюль Жансен и Норман Локиер, независимо один от другого, сообщили об открытии одного и того же «солнечного вещества». Это новое вещество, найденное на поверхности Солнца с помощью спектроскопа, Локиер предлагал, от греческого слова «солнце» — «гелиос», назвать гелием.

Странное совпадение удивило ученое собрание профессоров Академии и в то же время подчеркивало факт открытия нового химического вещества. В честь открытия вещества солнечных факелов (протуберанцев) была выбита медаль. На одной стороне этой медали были выбиты портреты Жансена и Локиера, а на другой — изображение древнегреческого бога солнца Аполлона в колеснице, запряженной четверкой коней. Под колесницей красовалась надпись на французском языке: «Анализ солнечных выступов 18 августа 1868 года».

В 1895 г. лондонский химик Генри Майерс обратил внимание Вильяма Рамзая, известного английского физика-химика, на тогда уже забытую статью геолога Хильде-



бранда. В этой статье Хильдебранд утверждал, что некоторые редкие минералы при нагревании их в серной кислоте выделяют газ, не горящий и не поддерживающий горения. В числе таких редких минералов был клевеит, найденный в Норвегии Норденшельдом, знаменитым шведским исследователем полярных областей.

Рамзай решил исследовать природу газа, содержащегося в клевеите. Во всех химических магазинах Лондона помощникам Рамзая удалось купить всего только ... один грамм клевеита, заплатив за него 3,5 шиллинга¹. Выделив из полученного количества клевеита несколько кубических сантиметров газа и очистив от примесей, Рамзай исследовал его с помощью спектроскопа. Результат был неожиданным: выделенный газ из клевеита оказался ... гелием!

Не доверяя своему открытию, Рамзай обратился к Вильяму Круксу, крупнейшему в то время в Лондоне специалисту спектрального анализа, с просьбой исследовать выделенный из клевеита газ.

Крукс исследовал газ. Результат исследования подтвердил открытие Рамзая. Так, 23 марта 1895 г. на Земле было обнаружено вещество, 27 лет назад найденное на Солнце. В тот же день Рамзай опубликовал свое открытие, отправив одно сообщение в Лондонское Королевское общество, а другое — известному французскому химику академику Бертло. В письме к Бертло Рамзай просил сообщить о своем открытии ученому собранию профессоров парижской Академии.

Через 15 дней после Рамзая, независимо от него, шведский химик Ланглэ выделил гелий из клевеита и так же, как Рамзай, сообщил о своем открытии гелия химику Бертло.

В третий раз гелий был открыт в воздухе, куда, по мысли Рамзая, он должен был поступать из редких минералов (клевеита и др.) при разрушении и химических превращениях на земле.

В небольших количествах гелий был найден и в воде некоторых минеральных источников. Так, например, он был найден Рамзаем в целебном источнике Котрэ в Пиренейских горах, английский физик Джон Вильям Рэлей нашел его в водах источников на известном курорте Бат,

¹ Около сорока пяти копеек.

немецкий физик Кайзер обнаружил гелий в ключах, бьющих в горах Шварцвальда. Однако больше всего было обнаружено гелия в некоторых минералах. Он содержится в самарските, фергусоните, колумбите, монаците, уранините. В минерале торинаните с острова Цейлон содержится особенно много гелия. Килограмм торинанита при нагревании докрасна выделяет 10 литров гелия.

Вскоре было установлено, что гелий встречается только в тех минералах, в составе которых находятся радиоактивные уран и торий. Альфа-лучи, испускаемые некоторыми радиоактивными элементами, представляют собой не что иное, как ядра атомов гелия, которые присоединяя электроны, превращаются в атомы гелия.

Гелий — прозрачный газ, без вкуса и запаха, следующий по величине атомного веса после водорода. Гелий абсолютно инертен, т. е. не вступает ни в какие реакции. Из всех веществ гелий имеет самую низкую температуру кипения — 269° . Жидкий гелий является, таким образом, самой холодной жидкостью. «Замерзает» гелий при -272° . Эта температура всего на один градус выше температуры абсолютного нуля.

Гелий — лучший газ для воздухоплавательных аппаратов. Для их наполнения обычно используется смесь гелия (85%) с водородом (15%). Огромные количества гелия (до 200 000 куб. м), в прошлом необходимые для наполнения дирижаблей, добывались, в основном, из природных газов. Сейчас дирижаблей не строят.

Для бомбардировки крупных городов, главным образом, столиц Англии и Франции, немецкое командование в первую мировую войну использовало цеппелины. Для наполнения их употребляли водород. Поэтому борьба с цеппелинами была сравнительно простой: зажигательный снаряд, попадавший в оболочку цеппелина, поджигал водород, цеппелин мгновенно вспыхивал и сгорал. Из 123 цеппелинов, построенных в Германии за время первой мировой войны, 40 сгорело от зажигательных снарядов.

Но однажды генеральный штаб английской армии был удивлен сообщением особой важности. Прямые попадания зажигательных снарядов в немецкий цеппелин не дали результатов. Цеппелин не вспыхнул, а медленно, по-видимому, истекая каким-то неизвестным газом, улетел обратно.

Военные специалисты недоумевали и, несмотря на экстренное и подробное обсуждение вопроса о невоспламеняемости цеппелина от зажигательных снарядов, не могли найти нужного объяснения. Загадку цеппелина разгадал английский химик Ричард Трелфолл. В письме в адрес Британского адмиралтейства он писал: «... полагаю, что немцы изобрели какой-то способ добывать в большом количестве гелий, и на этот раз наполнили оболочку своего цеппелина не водородом, как обычно, а гелием...».

Убедительность доводов Трелфолла, однако, снижалась фактом отсутствия в Германии значительных источников гелия. Правда, гелий содержится в воздухе, но его там мало: в одном кубическом метре воздуха содержится всего только 5 кубических сантиметров гелия. К тому же холодильная машина системы Линде, превращающая в жидкость несколько сот кубических метров воздуха в один час, могла дать за это время не более 3 литров гелия.

3 литра гелия в час! А для наполнения цеппелина нужно 5—6 тысяч кубических метров. Для получения такого количества гелия одна машина Линде должна бы работать без остановки около двухсот лет, двести таких машин дали бы нужное количество гелия в один год. Постройка 200 заводов по превращению воздуха в жидкость для получения гелия экономически весьма невыгодна, а практически бессмысленна.

Откуда же немецкие химики получали гелий?

Этот вопрос, как выяснилось позже, был решен германским империализмом сравнительно просто. Задолго до войны, немецким пароходным компаниям, возившим товары в Индию и Бразилию, дано было указание грузить возвращающиеся пароходы не обычным балластом, а монацитовым песком, который содержит гелий. Так был создан запас «гелиевого сырья» — около 5 тысяч тонн монацитового песка, из которого и получался гелий для цеппелинов. Кроме того, гелий добывался из воды минерального источника Наугейм, дававшего до 70 кубических метров гелия ежедневно.

Случай с несгораемым цеппелином явился толчком для новых поисков гелия. Гелий стали усиленно искать химики, физики, геологи. Он неожиданно приобрел огромную ценность. В 1916 г. 1 кубометр гелия стоил 200 000 рублей золотом, т. е. 200 рублей литр. Если учесть, что литр ге-

ля весит 0,18 грамма, то 1 грамм его стоил свыше 1000 рублей.

Гелий сделался объектом охоты коммерсантов, спекулянтов, биржевых дельцов. Гелий в значительных количествах был обнаружен в природных газах, выходящих из недр Земли в Америке, в штате Канзас, где после вступления Америки в войну, близ города Форт-Уорс был построен гелиевый завод. Но война закончилась, запасы гелия остались неиспользованными, стоимость гелия резко упала и составляла в конце 1918 г. около четырех рублей за кубический метр.

Добытый с таким трудом гелий был использован только в 1923 г. для наполнения теперь уже мирного дирижабля «Шенандоа». Он был первым и единственным в мире воздушным грузопассажирским кораблем, наполненным гелием. Однако «жизнь» его была непродолжительна. Через два года после своего рождения «Шенандоа» был уничтожен бурей. 55 тысяч кубических метров, почти весь мировой запас гелия, собиравшийся в течение шести лет, бесследно рассеялся в атмосфере во время бури, длившейся всего 30 минут.

В водолазном деле гелий используется для получения искусственного воздуха. Искусственный воздух, в составе которого азот частично заменен гелием, применяется для облегчения дыхания водолазов, работающих под особенно большим давлением.

Как известно, растворимость газов в жидкостях при прочих равных условиях прямо пропорциональна давлению. У водолазов, работающих под большим давлением, в крови растворено азота гораздо больше в сравнении с нормальными условиями, существующими на поверхности воды. При подъеме с глубины, когда давление приближается к нормальному, растворимость азота понижается и его избыток начинает выделяться. Если подъем совершается быстро, выделение избытка растворенных газов происходит столь бурно, что кровь и богатые водой ткани организма, насыщенные газом, подобно шампанскому при открывании бутылки, вспениваются от массы пузырьков азота. Образование пузырьков азота в кровеносных сосудах нарушает работу сердца, появление их в мозгу нарушает его функции, ведет к тяжелым расстройствам жизнедеятельности организма и к смерти. Для того, чтобы предупредить развитие описанных явлений, извест-

ных под именем «кессоновой болезни», подъем водолазов, т. е. переход от повышенного давления к нормальному, производится весьма постепенно, медленно. При этом избыток растворенных газов выделяется также медленно, постепенно и никаких болезненных расстройств не происходит.

С применением искусственного воздуха, в котором азот заменяется менее растворимым гелием, возможность вредных расстройств устраняется почти полностью. Это позволяет увеличивать глубину спуска водолазов (до 100 и более метров) и удлинять время пребывания их под водой.

«Гелиевый» воздух имеет плотность в три раза меньше плотности обычного воздуха. Поэтому дышать «гелиевым» воздухом легче, чем обычным (уменьшается работа дыхательных мышц). Это обстоятельство имеет важное значение при заболевании дыхательных мышц и некоторых других болезнях, связанных с актом дыхания. Поэтому «гелиевый» воздух применяется также в медицине при лечении астмы, удуший и других болезней.

Гелий применяется также в технике получения низких температур.

ЛЕГЧАЙШИЙ МЕТАЛЛ

3. Литий — *Litium* (Li)

В 1817 г. шведский химик А. Арфведзон, производя анализ сравнительно редкого минерала петалита, открыл в нем новый химический элемент. Присутствие этого элемента затем было обнаружено и в некоторых минералах, входящих в состав твердых каменных пород. В настоящее время известно более двух десятков минералов, в составе которых присутствует химический элемент, открытый А. Арфведзоном. Этот элемент называется литием (от греческого слова «литос», что значит камень).

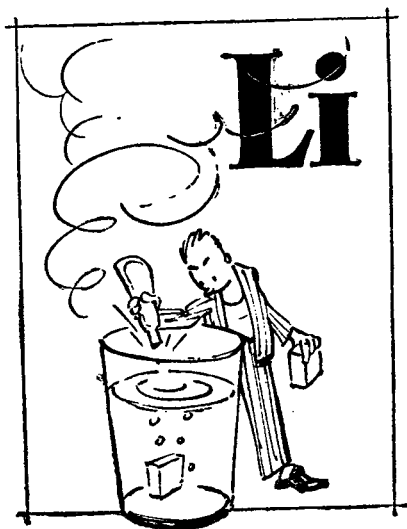
В свободном виде литий получен немецким химиком Р. Бунзеном и независимо от него английским физиком О. Матиссенем через 38 лет после открытия этого элемента. Литий — серебристо-белый, чрезвычайно легкий металл. По своей легкости литий занимает первое место среди других металлов. Он в пять раз легче алюминия и почти в два раза легче воды. Поэтому литий плавает не только

на воде, но даже и на керосине. Самолет, сделанный из лития, могли бы легко поднять... два человека!

Однако из лития невозможно сделать не только самолет, но даже чайную ложку. Дело в том, что литий энергично соединяется с воздухом и водой, образуя вещества, совершенно лишенные механической прочности. Чайная ложка из лития при первом же помешивании горячего чая исчезла бы в нем без остатка. Причем

«растворение» ложки сопровождалось бы бурным выделением водорода, который вытесняется литием из воды. В природе лития сравнительно много, на его долю приходится 0,02% от общего количества атомов земной коры. Крупнейшие месторождения ~~литиевых~~ соединений находятся в Канаде, США, в Юго-Западной Африке. В СССР месторождения литиевых минералов находятся в Казахстане, Средней Азии. Сравнительно недавно было обнаружено наличие растворимых соединений лития в насыщенных растворах соляных озер. Так, например, в толще соляных отложений озера Серлс в Калифорнии были обнаружены пустоты, заполненные насыщенным рассолом, содержащим до 0,02% соединений лития (хлористый литий). Растворимые соединения лития встречаются в некоторых источниках. Из них наибольшую известность получили источники курорта Виши во Франции и Дюркхейма в Германии.

Литий применяется в металлургии. Ничтожные добавки его (до 0,005%) к меди улучшают ее качество. Литий благодаря своей химической активности взаимодействует с кислородом, азотом, серой, растворенными в меди, и, связывая их, играет для последней роль дегазатора. Незначительные добавки лития к алюминию, магнию и другим металлам повышают их прочность и делают более стойкими



против действия кислот и щелочей. В парах лития можно осуществлять сварку алюминия.

Находят применения и соединения лития. Из них особого внимания заслуживает соединение лития с водородом — гидрид лития, играющий роль своеобразного материала для получения водорода. Стоит только подействовать водой на это соединение, как начинается выделение водорода. Из одного килограмма гидрида лития можно получить 2800 литров водорода. Таким образом, из двух килограммов гидрида лития получается почти столько же водорода, сколько его содержит стальной баллон весом в 80 килограммов, в котором водород находится под давлением в 120—150 атмосфер. Поэтому гидрид лития можно рассматривать как удобную «компактную упаковку» водорода. Главная область применения гидрида лития — термоядерные процессы.

Соединения лития применяются в керамике для приготовления глазурей и эмалей, в стеклоделии — для производства «опаловых» стекол и фильтров, прозрачных для ультрафиолетовых лучей. Добавка едкого лития в щелочные аккумуляторы значительно повышает их электроемкость. Некоторые соединения лития (углекислый литий, салициловокислый литий) применяются в медицине для растворения мочевого камня. Накопление ее является причиной подагры. В произведении Некрасова «Кому на Руси жить хорошо» с гордостью рассказывает о ней путник, ищущий счастливого человека на Руси, бывший господский слуга:

«... Болезнью благородною,
Какая только водится
У первых лиц в империи,
Я болен, мужичье!
По-да-грой именуется!»

Одной из сложных технических задач в практике плавания на подводных лодках, является очистка воздуха от углекислоты. Эта же проблема была важна для космонавта, оповестившего мир о новой победе человеческого разума.

Литий встречается в солях, входящих в состав растительных организмов. Однако функция его в них не выяснена. Особенно много лития содержат бурые и красные

морские водоросли. В наземных растениях литий в сравнительно больших количествах находится в лютике, татарнике и табаке. При сгорании табачных листьев часть соединений лития остается в золе (табачный пепел). Пользуясь способностью соединений лития ускорять (катализировать) некоторые реакции, можно показать наличие лития в табачном пепле в эффективном «фокусе» зажигания сахара от пламени спички.

Если поджечь кусок сахара пламенем спички, сахар начинает плавиться, но не горит. Если же место, где нагревается сахар, посыпать табачным пеплом, то можно легко поджечь сахар, который в присутствии солей лития начинает гореть, как бумага.

В животных организмах литий содержится, главным образом, в печени и легких.

МЕТАЛЛ СЛАДКОЙ «ЗЕМЛИ»

4. Бериллий — Berillium (Be)

В 1798 г. французский химик Вокелен изучал свойства минерала, известного в науке под именем берилла.

Бериллом (от греческого слова «бериллос» — блестящий — название камня) назывался особый минерал, прозрачные разновидности которого, окрашенные в зеленовато-голубой или зеленый цвет, издавна считались драгоценными камнями. Камни зеленовато-голубого цвета называются аквамаринами (от латинских слов «аква» — вода и «маре» — море), камни, окрашенные в зеленый цвет, называются изумрудами. Совершенно прозрачные изумруды очень редки и среди самоцветов зеленой окраски являются самыми дорогими.

Изумруд — камень, цвет которого воспет поэтами всех стран мира. По словам индийских сказаний, изумруд «подражает цвету шеи молодого попугая... молодой травке... рисункам пера из хвоста павлина...». «Он зелен, чист и нежен, как трава весенняя...», — писал об изумруде А. И. Куприн. Восхищаясь изумрудами, современник М. В. Ломоносова академик В. М. Севергин говорил: «...В сравнении с ними никакая вещь зеленее не зеленеет...»

Отдал дань изумрудам и Вокелен. Интересуясь свойствами берилла — этого чудесного произведения природы, Вокелен выделил из него и достаточно подробно описал похожее на землистую массу вещество. Эта «земля» (а «землями» в химии с давних пор называли рыхлые, землистые продукты, получающиеся от прокаливания металлов на воздухе) за способность давать соединения, обладающие сладким вкусом, была названа глициной. Это название происходило от греческого слова «гликос», что означает сладкий.

В 1828 г. немецкий химик Фридрих Вёлер и француз А. Бюсси выделили из глицины металл. Этот металл от имени производшей его сладкой «земли», «сладкозема», как до середины XIX века называли глицину русские химики, был назван глицинием.

Впоследствии этот металл стали называть не по имени сладкой «земли», из которой он был получен, а по имени минерала, из которого была получена впервые сама сладкая «земля». Так в химическом языке появилось новое название глициния — бериллий. С течением времени это название вновь открытого металла было принято химиками почти всех стран. Между прочим во Франции до сих пор бериллий называют глицинием или глицием, употребляя для этого латинское слово «глиоцинум» и знак атома Gl, вместо «бериллиум» и знака Be.

На долю бериллия приходится 0,001% (столько же, сколько и на цинк) от общего количества атомов земной коры. Поэтому бериллий можно считать достаточно распространенным элементом природы.

В чистом виде бериллий представляет собой легкий (уд. вес 1,82), твердый (легко режет стекло), стойкий к коррозии, серо-стального цвета металл. Подробное исследование соединений бериллия было впервые произведено русским химиком И. Авдеевым, который определил эквивалентный вес бериллия.

В технике бериллий является сравнительно молодым металлом. Недавно исполнилось 25 лет его службы на пользу технического прогресса. Бериллий применяется в металлургии. Прибавление небольших количеств бериллия к некоторым металлам придает получаемым сплавам такие свойства, которыми не обладают ни сам бериллий, ни те металлы, в которые он добавляется. Так, например, добавка бериллия к меди в несколько раз повышает ее твер-

дость, прочность и химическую устойчивость, не уменьшая при этом электропроводности. Сплав меди с 2% бериллия (бериллиевая бронза) в два раза тверже нержавеющей стали и очень устойчив по отношению к механическим и химическим воздействиям. Из такого сплава изготавливают различные инструменты (зубила, головки молотков, шахтерские кирки и т. д.). В отличие от стальных изделий, бериллиевая бронза не высекает искр при ударе о камень или металл. Это — очень важно при работе в шахтах, при открывании тары с воспламеняющимися веществами, когда случайная искра может явиться причиной разрушительного взрыва. Добавка 1% бериллия к ресурсной стали чрезвычайно повышает прочность и долговечность изготавливаемых изделий. Особенно важным свойством является то, что пружины из такого сплава не теряют упругости даже при высокой температуре (красного каления).



С развитием техники высотных полетов сплавы бериллия с магнием, алюминием, титаном и другими металлами приобретают особое значение для постройки стратопланов и ракет.

Большую роль для увеличения долговечности и работоспособности машин и механизмов имеют свойства поверхностей их деталей. Облагораживание поверхности металла, повышение ее твердости и устойчивости имеет решающее значение для продолжительности «жизни» деталей. Эти качества поверхность деталей получает за счет бериллия. Для этого изделие достаточно выдержать в порошке бериллия при температуре $900-1000^{\circ}$, и поверхность сделается вдвое тверже, чем у лучших сортов закаленной стали.

Способность бериллия более всех остальных устойчивых на воздухе металлов пропускать рентгеновые лучи используется в рентгентехнике для изготовления «окошек» в рентгеновских трубках (так называются сделанные из бериллия части рентгеновских трубок, через которые пропускаются лучи).

Бериллий занимает видное место в истории развития учения о строении атома и его ядра. В 1930 г. было обнаружено, что при бомбардировке бериллия ядрами атомов гелия (альфа-частицами) атомы бериллия начинают испускать «лучи», проходящие через слой свинца в несколько сантиметров толщины.

Изучая «бериллиевое излучение», дочь Марии Кюри-Склодовской Ирэн Кюри и ее муж Фредерик Жолио-Кюри обнаружили, что при прохождении вновь открытых лучей через некоторые вещества из последних выделяются протоны.

Природу «бериллиевого излучения» удалось установить Чедвику в 1932 г. Оказалось, что оно представляет собой поток частиц с массой приблизительно равной массе протонов, но в отличие от них не несущих электрического заряда. Эти частицы были названы нейтронами. Нейтрон обозначается латинской буквой «эн».

Отсутствие электрических зарядов чрезвычайно облегчает внедрение нейтронов в атомные ядра других элементов, делая нейтрон эффективным «снарядом» атомной артиллерии для осуществления ядерных реакций.

Простейшим источником нейтронов может служить стеклянная ампула с порошком бериллия в смеси с небольшим количеством радия. Наличие в такой ампуле 0,1 г соли радия обеспечивает получение нескольких сот тысяч нейтронов в каждую секунду.

Высокая огнеупорность окиси бериллия (температура плавления выше 2500°), а также большая инертность ее в нагретом состоянии ко многим расплавленным металлам и их солям используется для изготовления огнеупорных тиглей.

Окись бериллия входит в состав массы для пломбирования зубов — зубных цементах и ускорителей (катализаторов) при получении некоторых органических веществ. Окись бериллия находит также применение в люминесцентных лампах дневного освещения, излучающих желтовато-белый свет.

Все растворимые соединения бериллия ядовиты, большинство из них обладают сладким, слегка вяжущим вкусом.

БЕЗ НЕГО НЕ ЦВЕТУТ РАСТЕНИЯ

5. Бор — Boracium (B)

Соединения бора были известны еще арабским алхимикам. В сочинениях легендарного Джабир-ибн-Хайяна, жившего около 721—815 гг. в Багдаде при известном калифе Гарун-аль-Рашиде, одно из этих соединений обозначалось словом «борак», «барака», что значило «блестеть». Возможно, что так называлось распространенное соединение бора — борная кислота — белое твердое вещество, плоские, чешуевидные кристаллы которого имеют характерный перламутрово-стеклянный блеск. Борную кислоту арабские алхимики получали из Тибета, где с древних времен известны озера, содержащие это вещество.

Из Тибета вывозилось и важнейшее соединение, большие, бесцветные и прозрачные кристаллы которого арабы называли бурой. От старинного названия буры — «боракс» произошло в конечном итоге название бора.

Бор — довольно распространенный элемент на Земле. Его в 5 раз больше, чем свинца и в 250 раз больше, чем серебра. Бора в земной коре содержится 0,0005%. Важнейшие соединения бора встречаются в воде озер Тибета (Китай), Тосканы (Италия), в некоторых горячих источниках. В вулканических местностях Италии борная кислота вместе с водяным паром выделяется из трещин земной коры. В окрестностях гавани Пандермы на побережье Мраморного моря, в Китае, Калифорнии, в Южной Америке находятся большие залежи минералов, содержащих бор.

Соединения бора входят в состав буровых вод нефтеносных месторождений и золы каменных углей. В незначительных количествах бор содержится в растительных (от 0,0001 до 0,1% от веса сухого вещества) и животных организмах.

Несмотря на давнее знакомство человека с химическими соединениями бора, в более или менее чистом виде элемент

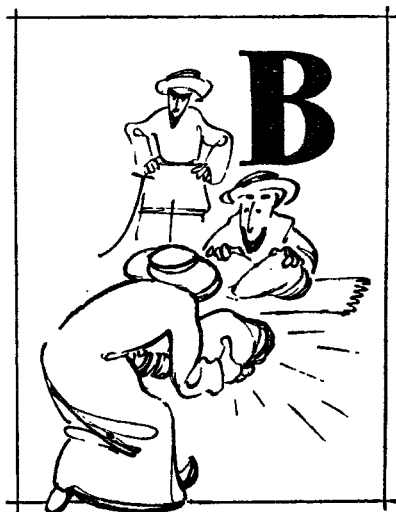
был получен французскими учеными Гей-Люссаком и Тенаром только в 1808 г. Бор известен в виде аморфного зеленовато-бурого порошка, весьма тугоплавкого (температура плавления 2075°), или мелких кристаллов, имеющих металлический блеск и по твердости почти не уступающих алмазу. При обычных условиях бор — исключительно инертное вещество, при высоких температурах он становится активным и легко соединяется с кислородом, хлором, бромом, серой и азотом.

В отличие от своих соединений — буре и борной кислоты, применявшихся в ряде отраслей промышленности (стеклянной, керамической, кожевенной, а также в сельском хозяйстве и медицине), бор долгое время не использовался. Лишь сравнительно недавно бор стали применять в металлургии. Добавленный в сотых долях процента в сплавы алюминия, меди, никеля и др. бор значительно улучшает качества этих сплавов.

Бор необходим для нормального развития растений. При недостатке его замедляется их рост, прекращается цветение и образование плодов. Полное отсутствие бора в почве ведет к гибели растительных организмов. Однако избыток этого элемента также неблагоприятно отражается на жизнедеятельности растений, а у животных (овец) является причиной воспаления кишок, известного под именем борного энтерита.

Прибавка незначительных количеств бора в быстрорежущую сталь значительно повышает ее режущие свойства, что объясняется способностью бора давать при высоких температурах соединения с другими металлами (так называемые бориды), обладающие большой твердостью и устойчивостью не только при обычных, но и при высоких температурах. Бор, как и бериллий, используется для упрочения и повышения износостойкости поверхности стальных деталей. Насыщение поверхности стальных изделий бором (борирование) повышает устойчивость изделия к износу во много раз. Сравнительно слабо проводит ток при обычной температуре; при нагревании до 600° электропроводность бора повышается в 100 раз. У других проводников первого рода — металлов — электропроводность уменьшается с повышением температуры. «Ненормальное» (аномальное) поведение бора в этом отношении до сих пор не имеет еще достаточного объяснения. Нет сомнения, что это свойство бора найдет в технике будущего

важное применение. Правда, растворы всех солей (электролитов) и большинство электронных полупроводников, уже применяемых в изготовлении термисторов, увеличивают свою электропроводность. Однако применение растворов ограничено условиями сравнительно плавного изменения электропроводности, а получение полупроводников связано с трудностями, превосходящими задачу получения бора.



МИЛЛИОНЕР

6. Углерод — Carbonium (C)

Что может быть общего между пестрым букетом цветов и куском каменного угля? Что общего между разнообразным содержимым склянок, аккуратно расставленных на полках аптечных шкафов, и лужицей нефти на земле?

Общего, конечно, мало! И долго пришлось бы искать такого чудака, который своей возлюбленной вместо букета цветов решил бы преподнести... кусок каменного угля. Не нашлось бы, пожалуй, и врача, решившего лечить своих пациентов каменным углем в виде порошка.

Однако и черный, невзрачный, тускло поблескивающий в солнечных лучах кусок каменного угля, и пестрый букет цветов, и нефть — все они состоят из углерода, чудеснейшего элемента, без которого невозможно существование алмазиков, ни большинства взрывчатых веществ, ни

огромного множества так называемых органических соединений, из которых, в свою очередь, состоят тела всех растений, животных и человека. 90

Углерод — единственный из элементов, способный с одним только водородом давать бесчисленное множество соединений. Это объясняется своеобразием химического строения атомов углерода. В отличие от большинства других элементов атомы углерода способны химически соединяться между собой, образуя при этом то прямые, то разветвленные цепочки, то замкнутые, кольцеобразные молекулярные структуры. Число атомов углерода в таких соединениях колеблется от единиц до многих десятков. Если учесть, что свободные валентности (атом углерода четырехвалентен) помимо водорода, могут быть насыщены атомами или группами других элементов, то число возможных соединений углерода становится буквально неисчислимым.

И если число минералов, т. е. природных неорганических соединений, достигает трех тысяч, а из всех, кроме углерода, элементов, вместе взятых, усилиями химиков получено около 50 тысяч соединений, то число соединений, содержащих углерод, уже сейчас составляет не менее двух миллионов.

Благодаря способности углерода давать буквально неограниченное количество различных соединений возникло все богатство и разнообразие видов растений и животных, число которых измеряется сотнями тысяч. Достаточно указать, что одних только видов насекомых некоторыми исследователями насчитывается не менее 2—3 миллионов. Общее число видов растений на земном шаре близко к 500 тысячам, число видов позвоночных превышает 57 тысяч.

Однако, углерод, не определяет основной массы живого вещества и составляет в среднем не более 10% ее веса. Но и при такой величине общее количество углерода, содержащегося в живом веществе, по данным академика В. И. Вернадского составляет ($1 \cdot 10^{14}$) 100 000 миллиардов тонн. Такое же количество углерода содержится в океанах и морях земного шара. 20 000 миллиардов ($2 \cdot 10^{13}$) тонн углерода содержится в каменных углях. 2000 миллиардов ($2 \cdot 10^{12}$) тонн углерода содержит атмосфера, где углерод находится в виде углекислого газа. Больше всего углерода входит в состав известняков, мела, мрамора.

мора — тех видов углеродных соединений, из которых во многих местах земли сложены не только отдельные горы, но даже целые горные хребты.

Все виды соединений углерода в природе так или иначе связаны с живым веществом. И даже огромные количества известняков, мрамора и мела, в которых количество углерода в тоннах выражается цифрой 3 с шестнадцатью нулями, обязаны своим происхождением живому веществу. Микроскопические организмы — корненожки, в несметных количествах жившие в теплых водах первобытных морей, строили свои скелеты из карбоната кальция. После смерти корненожек скелеты их падали на дно, где, скапливаясь и уплотняясь в течение миллионов лет, образовали пласты известняков. Площадь, занимаемая обнаженными и погребенными углекислыми породами (известняками, мелом, мрамором и др.) составляет на всем земном шаре 40 000 000 км².

После высыхания или перемещения морей по поверхности Земли, а также в результате горообразования толщи известняков выходили на поверхность или оставались в глубинах земной коры. В последнем случае известняки под влиянием высокой температуры превращались в новые соединения углерода, а частью разлагались с выделением углекислого газа. Этот газ в свободном виде или растворенный в воде, встречаемой на пути движения по трещинам земли, выходил на ее поверхность и рассеивался в атмосфере.

Большие количества углекислого газа выбрасываются в атмосферу действующими вулканами. Так, например, известен случай, когда от выделившегося при извержении Везувия углекислого газа погибло (были задушены) множество мелких животных.

В некоторых местах земного шара углекислый газ постоянно в больших количествах выделяется из глубины земли. Около двадцати столетий известна человечеству «Собачья пещера» возле Неаполя. В ней тяжелый углекислый газ стелется по дну пещеры слоем до полуметра. Собаки, попадающие в эту пещеру, задыхаются и погибают, хотя для человека пребывание в пещере безопасно. Отсюда и произошло название пещеры, без упоминания о которой в прошлом не обходился, пожалуй, ни один учебник химии, на что, с оттенком своеобразного юмора, намекает А. П. Чехов в своем рассказе «Зиночка». Пещеры

с углекислым газом, подобные неаполитанской, встречаются в знаменитом Йеллоустонском заповеднике в США.

Мощные выходы углекислого газа находятся в Индонезии. Обширная и глубокая впадина, существующая у подножия одного из вулканов на острове Ява, известна под названием Долины смерти. Дно ее усеяно множеством скелетов животных и даже людей, случайно попавших туда и задохнувшихся в атмосфере углекислого газа, наполняющего долину по трещинам земли.

Природные выходы углекислого газа называются мофетами. Этим словом геологи-французы в Эльзасе (от немецкого муфен — пахнуть затхлым) впервые назвали струи углекислого и других газов, выделяющихся из недр земли.

Огромные количества углекислого газа выносятся водными источниками, изливающимися в местностях потухших вулканов. Особого упоминания заслуживает красавец Кавказского хребта Эльбрус, в окрестностях которого встречаются источники, насыщенные углекислым газом. Всемирно известный курорт Кисловодск своим появлением обязан одному из таких источников «Нарзану». Ежедневно этот источник выносит около двух с половиной миллионов литров минерализованной воды, содержащей до пяти тонн свободного углекислого газа.

Вне Земли углекислый газ обнаружен спектроскопически в атмосфере Венеры — ближайшей к Земле планете, — которая, уступая в яркости только Солнцу и Луне, является настоящим украшением звездного неба. Она то ярко вспыхивает на небосклоне после захода Солнца, первой «вечерней звездой», то сверкает перед восходом светила прекрасной звездой утренней зари.

Большие количества углекислого газа поступают в атмосферу при дыхании животных и растений, а также при гниении их останков. За сутки каждый человек выдыхает в среднем более килограмма углекислого газа, а все человечество ежегодно — около одного миллиарда тонн!

Большое количество углекислого газа поглощается растениями. Без углерода, входящего в состав углекислого газа, невозможен синтез растительных углеводов, жиров, белков и других органических веществ.

Из углекислого газа, содержащегося в атмосфере, ра-

стения извлекают ежегодно не менее 15 миллиардов тонн углерода. На образование углекислых солей в процессе выветривания горных пород расходуется ежегодно из атмосферы от одного до двух миллиардов тонн углерода. В результате подобных природных процессов атмосфера обедняется углекислым газом. В атмосфере сейчас содержится не более 0,03 % углекислого газа по объему. Углекислый газ способен пропускать на Землю солнечные лучи и задерживать в значительной мере обратное излучение тепла земной поверхностью. Колебание содержания углекислого газа в атмосфере влияет на изменение климата Земли.

В минувшие геологические эпохи в атмосфере содержалось значительно больше углекислого газа и средняя годовая температура на Земле была значительно выше, чем сейчас. Вычисления показывают, что при полном удалении углекислого газа из атмосферы, средняя температура земной поверхности понизилась бы на 20°. Ледяные шапки на полюсах стали бы значительно больше, чем сейчас. Граница вечной мерзлоты сместилась бы по направлению к экватору. Однако опасаться этого не приходится. Запасы углекислого газа в атмосфере непрерывно пополняются за счет сжигания древесины, торфа, каменного угля, нефти и других углеродосодержащих веществ, а также за счет промышленных процессов, идущих с выделением большого количества углекислого газа (обжиг известняка, металлургия некоторых металлов и др.). Чтобы судить о величине этой деятельности достаточно указать, что за счет сжигания только одного каменного угля в атмосферу ежегодно возвращается более миллиарда тонн углерода.

Можно утверждать, что общее содержание углекислого газа в атмосфере современной нам эпохи не только остается одинаковым, но возможно и медленно возрастает.

Из углекислого газа и воды растения создают органические вещества, составляющие ткани самих растений. Животные, питаясь растениями, используют их органические вещества для создания собственных органических веществ. После смерти животных и растений органические вещества подвергаются различным превращениям. В прошедшие геологические эпохи, в зависимости от условий, в которых протекали изменения этих веществ, образова-

лись различные виды нефти и каменного угля — основной энергетический материал в практической деятельности людей. Запасы угля и нефти распределены на земном шаре неравномерно. Поэтому история капитализма в известной мере есть история борьбы капиталистических стран за обладание источниками нефти и каменного угля. В наше время мы являемся свидетелями этой борьбы между крупнейшими капиталистическими странами Западной Европы и США.

Нефть — это, в основном, смесь различных соединений углерода с водородом. Она представляет собой нерастворимую в воде маслянистую коричнево-бурую или черную жидкость с зеленоватым отливом — удельный вес ее от 0,75 до 0,95. С глубоких нефтяных пластов добывают нефть и более тяжелую.

Химизм происхождения нефти до сих пор еще недостаточно выяснен. В 1876 г. Д. И. Менделеев выдвинул «минеральную» теорию образования нефти. По этой теории нефть образуется в результате взаимодействия воды, проникающей в недра земли, с находящимися в ее глубинах раскаленными карбидами.

С химической точки зрения эта теория является вполне вероятной. Однако изучение состава и свойств нефти из различных месторождений говорит против ее «минерального» происхождения. Также оставлена в настоящее время и «космическая» теория происхождения нефти, согласно которой нефть рассматривалась как продукт сжижения углеводородов, наличие которых предполагалось в первичной земной атмосфере на основании присутствия газообразного метана в атмосфере внешних планет — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Наиболее вероятной и ныне общепринятой считается «органическая» теория происхождения нефти, рассматривающая нефть как продукт превращения останков простейших организмов, существовавших в теплых и мелководных бассейнах минувших геологических эпох. Бурное развитие растительности, главным образом, простейших водорослей, подобное наблюдаемому ныне «цветению» озер, вело к столь же бурному развитию животных организмов и накоплению на дне водоемов в короткие сроки огромного количества органических останков. О поразительной величине накапливаемого материала можно судить по скорости размножения некоторых простейших организмов. Так,

например, зеленая диатомовая водоросль в наиболее благоприятных условиях развития может за месяц дать $2 \cdot 10^9$ (20 миллионов миллиардов) тонн вещества, т. е. массу, равную весу всего поверхностного слоя Земли толщиной... в 16 километров. Несмотря на то, что условия среды (температура, наличие необходимых для питания элементов и др.) резко ограничивают возможности размножения, скорость его остается все же достаточно большой. И даже в современных океанах скопления простейших организмов в верхних слоях воды (планктон), и в придонных слоях (бентос) оценивается громадной цифрой — в 100 миллиардов тонн. Однако это количество составляет не более одного процента от ежегодного прироста планктона и бентоса, составляющего основу питания большинства морских организмов.

В минувшие геологические эпохи, когда условия для размножения простейших организмов были более благоприятны, а потребителей планктона и бентоса существовало значительно меньше, накапливались огромные количества останков простейших. Они медленно, на протяжении многих миллионов лет разлагались без доступа воздуха, скапливались на дне мелководных бассейнов, засыпаясь глиной и песком, и превращались в жидкие соединения, известные теперь под именем нефти. Не исключена возможность образования нефти и из останков более высокоорганизованных животных (например, рыб), массами гибнувших в водоемах. Опыты исследователей с нагреванием жиров животного происхождения без доступа воздуха под большим давлением приводят к образованию жидких продуктов весьма похожих на нефть.

Если в образовании нефти участвовали останки простейших организмов, населявших мелководные бассейны, то материалом для образования каменного угля послужила, главным образом, роскошная флора, около 200 миллионов лет назад достигшая максимума своего развития.

Период времени в истории Земли, знаменующийся бурным развитием растительного царства, давшим материал для образования каменных углей, геологи называют каменноугольным. Длительность этого периода составляла не менее 75 млн. лет.

Однако пышная растительность в условиях тропического климата была сравнительно однообразна. Представлен-

ная гигантскими лепидодендронами, каламитами, сигалляриями и другими древовидными растениями, отдаленно напоминающими современные папоротники, хвощи и плауны, флора каменноугольного периода образовывала обширные леса, насчитывавшие до 200 видовых форм.

Горообразовательная деятельность Земли, имевшая в то время значительные размеры, очень часто сопровождалась значительными опусканиями суши и наступлением морей, затоплявшими обширные площади лесов. Создавались условия для разложения отживших растений без доступа воздуха. Оно сопровождалось выделением ряда летучих продуктов распада и постепенным обогащением углеродом. Так, на протяжении длительного времени происходило образование огромных залежей торфа. Дальнейшая судьба его определялась особенностями геологической истории данного района. В том случае, когда погружение поверхности суши было небольшим и залежи торфа покрывались тонкими слоями осадочных пород (глиной, песком и др.) торф превращался в бурый уголь. При значительном погружении и мощном накоплении осадков, торф, подвергаясь большому давлению, а иногда и действию высокой температуры, превращался в различные виды каменного угля и даже в антрацит.

В 1913 г. на Международном геологическом конгрессе в городе Торонто (Канада) впервые были подсчитаны мировые запасы каменного угля. Они определялись в 7400 миллиардов тонн. Спустя 24 года на Международном конгрессе в Москве мировые запасы угля исчислялись уже в 7900 миллиардов тонн. Очевидно, что и эта цифра не является окончательной и точной, так как по мере совершенствования и расширения геологоразведочного дела не только уточняются запасы старых месторождений, но и открываются новые залежи каменного угля. Лучшие сорта ископаемых каменных углей содержат до 99% углерода.

В свободном виде углерод встречается либо в виде редкого, прозрачного, играющего огнями всех цветов радуги драгоценного самоцвета — алмаза, либо в виде непрозрачного темно-серого, почти черного, жирного наощупь вещества — графита.

Алмазы были известны еще народам древности. Само слово «алмаз» происходит или от арабского — «ал-мас»,

что значит «твердейший», или от греческого слова «адамас», означающего «несокрушимый», «непреодолимый». И то и другое название намекают на твердость алмаза, который действительно является самым твердым из всех природных минералов.

Долгое время природа алмаза являлась загадочной и его считали чистейшим образцом горного хрусталя. В 1649 г. флорентийские академики нагрели алмаз так, что «не нашли» от него ни малейшего следа, установив тем самым, что алмаз — горюч.

Долгое время считали, что крупные алмазы можно получить путем сплавления мелких ¹. В 1773 г. в Петербурге в Горном училище выдающийся русский минералог А. М. Карамышев, желая опровергнуть это мнение, произвел «сжигание алмаза нарочитой величины». Однако только после опытов английского химика Теннана, сжегшего в 1797 г. алмаз в плотно закрытом золотом футляре, было доказано, что алмаз не что иное, как чистый углерод.

Долгое время единственными поставщиками алмазов были Индия и остров Борнео. В 30-х годах XVIII в. были обнаружены алмазы в Бразилии, в 1851 г. в Австралии и, наконец, в 1867 г. в Южной Африке.

Африканские месторождения, доставлявшие впоследствии 95—98 % всех добываемых в капиталистических странах алмазов, были открыты охотником за страусами. Он обратил внимание на блестящий камешек, которым играли крестьянские ребята на берегу Оранжевой реки. Выпросив понравившуюся «гальку», охотник показал ее сведущему специалисту, который признал в камешке алмаз. Каждое новое открытие алмазных месторождений порождало «алмазную лихорадку» среди дельцов, предпринимателей и просто авантюристов, жаждавших «сказочного» обогащения. Тысячи людей устремлялись в поиски богатства и часто находили лишь нужду, лишения, теряя здоровье, а нередко и жизнь.

Открытие алмазных месторождений в Южной Африке лишило покоя жадных до наживы английских капиталистов-колонизаторов, спровоцировавших в 1899 году войну

¹ Упомянутый А. С. Пушкиным в «Пиковой Даме» граф Сен-Гермен — известный авантюрист XVIII века, славился как владелец крупных алмазов, которые он якобы получал сплавлением из мелких.

с маленькими бурскими¹ республиками — Оранжем и Трансваалем. В 1902 г. война закончилась победой англичан, ставших, таким образом, обладателями богатейших в мире алмазных месторождений.

В течение последних пяти лет богатые месторождения алмазов обнаружены у нас в Якутии. Среди алмазов, найденных в 1956 г. Амакинской экспедицией (от эвенского слова «амака», что значит «медведь») в Якутии, встречались образцы весом до 32 каратов.² В 1957 г. был найден еще более крупный кристалл алмаза. Его вес превосходил 50 каратов. В память годовщины воссоединения Якутии с Россией ему присвоили название «325 лет Якутии».

Обычно алмазы заключены в особой алмазоносной маточной породе — кимберлите, — наполняющей гигантские трубчатые каналы, вертикально уходящие в глубь земли. Образование этих каналов, по-видимому, связано с прорывом огненно-жидкой массы из глубины земли к ее поверхности в результате гигантских вулканических взрывов. Кристаллизация алмаза совершалась глубоко в земле под огромным давлением и высокой температуре. До открытия африканских месторождений алмазы находили в россыпях, т. е. вдали от мест их образования среди разрушенных горных пород — песка, гравия, почвенных отложений. Содержание алмазов в россыпях обычно не превышает 5—10 каратов на один кубический метр породы.

Алмаз, служивший ранее только украшением, постепенно приобретал все большее и большее значение в технике. Исключительная твердость алмаза дает возможность применять его в буровых работах при поисках нефти, железной руды, при сверлении стали, вытягивании тонкой проволоки, шлифовке изделий из камня и металла, резке стекла и твердых каменных пород. Из 19 миллионов каратов алмазов, добываемых ежегодно на земном шаре, 17 миллионов каратов используется в технике. В СССР создана мощная промышленность по добыче алмазов в Якутии.

Искусственно ограненные алмазы называются бриллиантами и являются предметом роскоши. В России особую пышность и блеск приобрели бриллиантовые украшения при Екатерине II. Головокружительная роскошь

¹ Буры или боеры — выходцы из Голландии. Боеры — по-голландски — крестьяне.

² Карат равен 0,2 г.

двора Екатерины тяжелым бременем ложилась на плечи крепостного люда. Чтобы судить о сказочности украшений приближенных императрицы, достаточно привести факт появления Потемкина¹ на празднике в Таврическом дворце в парадной шляпе, которую из-за тяжести многочисленных бриллиантов трудно было носить на голове. Специальный адъютант носил ее за Потемкиным в руках. Шляпе Потемкина не уступал и усыпанный бриллиантами камзол одного из вельмож екатерининских времен, кистью В. Л. Боровиковского изображенного на портрете «бриллиантового князя», хранящемся в Русском музее в Ленинграде. Бриллианты, украшающие рамки миниатюрных портретов, ручки вееров, золотые табакерки, пудреницы, часы и множество других удивительных творений искусных рук мастеров-умельцев XVIII и XIX вв. бережно хранятся советским народом в лучших музеях нашей страны.

✓ Алмаз — этот исключительный по редкости и красоте драгоценный самоцвет — и в наши дни украшает знаки отличия, которыми советский народ отмечает выдающихся деятелей. Учрежденный Президиумом Верховного Совета СССР маршальский знак отличия «Маршальская звезда» имеет 31 бриллиант. Из них самый крупный помещается в центре «Маршальской звезды» и весит 2,62 карата. 5 бриллиантов, размещенных между лучами «Маршальской звезды», имеют общий вес в 3,06 карата.

Крупные алмазы — большая редкость, число их невелико и «биография» каждого связана с переходами из рук в руки, от одного владельца к другому. История каждой такой драгоценности — это история человеческой подлости, дворцовых интриг, кровавых преступлений, чередующихся с безграничной властью восточных владык, жестокой эксплуатацией народа, ослепляющей роскошью индийских раджей, французских королей и русских царей.

Крупнейшим из когда-либо найденных на земле был алмаз «Куллинан». Этот алмаз был найден в 1905 г., и свое название он получил по имени одного из владельцев. До огранки он имел величину женского кулака и весил

¹ Г. А. Потемкин (1739—1791 гг.), князь Таврический, государственный деятель, дипломат и генерал-фельдмаршал, фаворит Екатерины II.

3106 каратов (621 г). При обработке его раскололи по направлению имевшихся трещин и вырезали 105 сравнительно мелких бриллиантов. Наибольший из них, получивший название «Звездная Африка», имеет форму капли и весит 530 каратов. Вторым по величине был алмаз «Экцельсиор», также найденный в 1893 г. в Южной Африке на руднике Ягерсфонтейн. Вес его до огранки составлял 995,3 карата. В результате обработки было получено свыше 20 бриллиантов, наибольший из них весил 70 каратов. В 1945 г. в россыпях Сьерра-Леоне в Западной Африке был найден третий по величине алмаз, весом в 770 каратов.

В числе бразильских алмазов знаменитый «Шах», весом около 89 каратов, которым персидское правительство, «умилостивляя белого царя», расплатилось за кровь известного русского дипломата и выдающегося писателя А. С. Грибоедова, павшего от руки наемного убийцы 30 января 1829 г. в столице Персии Тегеране.

Удельный вес алмазов для чистых образцов составляет 3,52, возрастая у окрашенных образцов до 3,55. Окраска алмазов обуславливается примесями. Алмазы красивой синей, зеленой и красноватой окраски весьма редки и ценятся очень высоко. Знаменитый густо-синий алмаз «Гоппе» из Индии весом в 44,5 карата является одним из ценнейших в мире. Бриллиант красивого красного цвета в 10 каратов был приобретен русским императором Павлом I за 100 000 рублей.

Алмазы — хорошие проводники тепла, электризуются при трении, не представляют преграды для рентгеновских лучей и химически устойчивы. Ни одна из известных концентрированных кислот, даже при повышенной температуре не действует на них. При нагревании до 2—3 тысяч градусов без доступа кислорода алмаз переходит в графит. Обратное превращение осуществить не удавалось, хотя опыты по искусственному получению алмазов проводились многими учеными. Особого упоминания заслуживают исследования французского изобретателя электрической печи Муассана. Муассан растворял графит в расплавленном железе и подвергал полученную массу быстрому охлаждению. Получавшаяся на поверхности расплава твердая корка сдавливала увеличивавшуюся в объеме внутреннюю массу. Растворяя в кислотах отвердевший сплав, Муассан обнаружил мельчайшие крупинки, напоминавшие по свойствам кристаллики алмаза.

Открытие Муассана, опубликованное в 1893 г., произвело необыкновенную сенсацию и принесло ученому мировую известность, оставив в тени имя русского профессора К. Д. Хрущева, независимо от Муассана получившего в том же году те же результаты.

Вскоре однако были опубликованы данные, согласно которым полученные кристаллики следовало считать не алмазами, а карбидами (соединениями углерода с металлом). Первым ученым, усомнившимся в успехе Муассана, был русский минералог П. Н. Чирвинский. Попытки Чирвинского выступить с критикой опытов Муассана на страницах французской научной литературы успеха не имели. Редакция журнала «Бюллетень французского химического общества» не приняла работ Чирвинского, мотивируя это нежеланием огорчать президента общества, которым был... сам Муассан.

«Американцы не могут допустить критики Муассана» — так формулировал ответ Чирвинскому нью-йоркский журнал. И слава Муассана как создателя искусственных алмазов беспрепятственно вошла не только в популярную литературу, но и во многие учебники и справочники по химии.

На июньском (1960 год) Пленуме ЦК КПСС, президент Академии Наук СССР академик А. Н. Несмеянов сообщил о том, что осуществлена задача получения сверхтвердых кристаллов, но не назвал их алмазами. Достоверные сведения о синтезе алмазов в лабораторных условиях в США и других зарубежных странах получены в течение последних лет. Однако следует заметить, что размеры искусственных алмазов весьма малы, и синтез их не оказал пока заметного влияния ни на спрос, ни на цены алмазов, созданных самой природой.

В отличие от алмаза, графит настолько мягок, что даже легкое трение о бумагу оставляет на ней серо-стальной след, в результате стирания с поверхности графита его частиц. К особенностям графита относится его способность гореть в кислороде (около 890°) при практически совершенной огнестойкости в воздухе. Благодаря исключительной жаропрочности и химической инертности, графит используется при изготовлении рулей реактивных двигателей. Способность чистого графита замедлять движение нейтронов применяется в атомной технике. Графит употребляют также для изготовления карандашей, огне-

упорных тиглей для плавки стали, для смазки трущихся частей машин, для электродов электрических печей и т. п.

Древесный уголь, получаемый при нагревании древесины без доступа воздуха, является одной из разновидностей так называемого «аморфного» углерода. Исследованиями последнего времени установлено, что «аморфный» углерод часто представляет собой очень мелкокристаллический графит. Замечательной особенностью этого угля является способность удерживать на своей поверхности (адсорбировать) различные вещества (газы, растворенные в воде краски и т. п.). Явление адсорбции было открыто в 1785 г. русским академиком Товием Егоровичем Ловицем. Он же указал и на возможность использования этих свойств угля для практических целей, например, для очистки затхлой воды на кораблях, уксуса и т. п. Открытие Ловица нашло применение в русском флоте для очистки пресной воды. В наставлении к морской службе указывалось: «В дальних морских путешествиях с великой пользой употребляют уголья для отвращения порчи воды, обжигая бочки изнутри». Оригинальное применение явление адсорбции нашло в Англии, где с помощью угля очищался воздух, подаваемый в здание парламента. Оно расположено на реке Темзе, сильно загрязненной гниющими остатками, которые и отравляют воздух зловонными запахами.

В первую мировую войну явление адсорбции нашло исключительно большое применение в борьбе с боевыми отравляющими веществами — ядовитыми газами или парами (ОВ).

Инициатива использования боевых отравляющих веществ в качестве оружия массового уничтожения принадлежит германскому империализму. Хлор¹ был впервые применен 22 апреля 1915 г. на Западном фронте недалеко от бельгийского города Ипра против англо-французских войск. Первая атака БОВ совершенно лишила боеспособности целую дивизию, оборонявшую атакованный участок. 15 тысяч человек было выведено из строя, из них 5 тысяч навсегда.

Почти через месяц газовая атака была повторена на Восточном фронте против русских войск у местечка Воля

¹ Вдыхание хлора вызывает удушье, тяжелое воспаление дыхательных путей, отёк легких и смерть.

Шидловска, в Польше. На участке фронта в 12 километров при ветре, дувшем в сторону русских позиций, было выпущено из 12 000 баллонов более 150 тонн ядовитого газа. Внезапность нападения и полная беззащитность против ядовитого действия газа вызвали массовые и тяжелые поражения. «Газы» в эту тихую, теплую ночь, когда оплодотворенная маем природа готовилась к летнему вынашиванию своих плодов, вывели из строя целую дивизию. Передовые линии атакованного газами участка, представлявшие собой сплошной лабиринт окопов и ходов сообщения, были завалены трупами и умирающими людьми. Из строя выбыло 9 тысяч человек. От сибирского полка, насчитывавшего более 3-х тысяч рослых, на подбор один к одному стрелков, через 20 минут после газовой атаки осталось 140 человек. Таковы были итоги газового нападения на русском фронте.

Начавшаяся химическая война готовила человечеству неисчислимые жертвы и страдания. От этих жертв человечество было предохранено одной из разновидностей «аморфного» углерода — древесным углем.

Профессор, а впоследствии академик, Н. Д. Зелинский, выдающийся химик и ученый, изобрел, провел испытания и в июле 1915 г. предложил противогаз, действующий на основе явления адсорбции. Вдыхание отравленного воздуха через угольный противогаз целиком освобождало воздух от ядовитых примесей и предохраняло солдат, защищенных противогазом, от действия газообразных отравляющих веществ.

Боевые отравляющие вещества, с помощью которых империализм рассчитывал поставить на колени миллионы людей для служения своим интересам, не оправдали себя.

Когда капитализм уйдет в прошлое и о жестокой борьбе между трестами, синдикатами, банками и отдельными странами будут рассказывать только экскурсоводы музеев в отделе «Капитализм», там будут показывать и орудия былой борьбы, созданные умом и злом капитализма. Среди ржавых дредноутов и скелетов огромных цеппелинов, крохотных пуль и цистерноподобных снарядов, микробов в хрупком стекле и газов в стальных баллонах с синими и зелеными, желтыми и черными, устрашающими крестами, на особом почетном стенде займет место и древесный уголь, сохранивший в былых войнах миллионы человеческих жизней от ужасных мучений и смерти.

Высокая адсорбционная способность угля используется в медицинской практике, где специальные сорта угля в виде порошка, мелких зерен или таблеток (карболен) применяются как универсальное «противоядие» при разнообразных отравлениях (бактерийными токсинами, животными ядами, алкалоидами и др.), а также для дезинфекции кишечника и при некоторых заболеваниях.

Научное название углерода — «карбонум» — происходит от латинского слова «карбо» — уголь.

Природный углерод состоит из смеси изотопов с атомными весами 12 и 13. Кроме того в составе углерода присутствует радиоуглерод с атомным весом 14. Этот изотоп непрерывно образуется в атмосфере из азота под действием космических лучей.

Расчеты, проведенные учеными, показали, что ежегодно образуется около 9,8 кг радиоактивного углерода, и что количество его на земном шаре в настоящее время составляет около 80 тонн. Радиоактивный углерод образует с кислородом радиоактивный углекислый газ, который вместе с обычным углекислым газом усваивается растениями, а через них попадает в организм животных. Период полураспада радиоактивного углерода составляет 5700 лет.

Постоянством интенсивности потока космических лучей (а оно, как найдено исследователями, сохранилось неизменным на протяжении последних 20 000 лет) определяется и постоянство образования радиоактивного углерода. Отсюда следует, что отношение содержания радиоактивного изотопа углерода к обычному $C^{14} : C^{12}$ остается в атмосфере постоянным по крайней мере в течение последних 20 000 лет. Очевидно постоянным должно быть и содержание радиоактивного и обычного углерода в живых тканях растений, так как обмен веществ с внешней средой совершается непрерывно. Однако со смертью организма обмен веществ прекращается, а распад накопленного в тканях радиоактивного углерода продолжается по-прежнему, вследствие чего содержание радиоактивного углерода должно постепенно уменьшаться. Зная скорость распада радиоактивного изотопа углерода, можно установить время гибели организмов.

Способ измерения времени с помощью радиоактивного изотопа, проверенный на предметах, «возраст» которых был точно известен по другим данным (древесина из египетских гробниц, или свай, вбитых в морское дно во вре-

мена римских императоров и т. д.) дал очень хорошие результаты.

«Углеродные часы», предложенные американским ученым Либбе, нашли применение в различных областях знания (археология, палеонтология, океанография и др.). Сущность метода «углеродных часов» состоит в том, что подлежащий исследованию образец сжигают в герметическом сосуде и из образовавшегося углекислого газа выделяют углерод с помощью металлического магния. Образовавшаяся окись магния растворяется в кислоте и вымывается, а оставшийся углерод высушивается и активность его измеряется специальным прибором. «Углеродные часы» дали науке ряд ценных сведений, на основании которых точно установлены такие даты, которые раньше вообще не поддавались определению или определялись весьма предположительно. Так, например, путем определения радиоактивности углерода, выделенного из древесины палубы «Солнечной ладьи», а также из древесины акации, кипариса и других деревьев, употреблявшихся при сооружении древних гробниц, были установлены даты смерти фараонов Сезотриса III (1800 г. до н. э.), Снефру (2625 г. до н. э.) и др. С помощью радиоактивного углерода установлен «возраст» рисунков бизонов, выполненных на стене пещеры в Ласка (Франция) рукой доисторического художника 15 с лишним тысяч лет назад, определен «возраст» проб воды, взятых из Атлантического океана с глубины трех километров, и ряд других вопросов успешно решен с помощью «углеродных часов».

БЕЗ НЕГО НЕТ ЖИЗНИ

7. Азот — Nitrogenium (N)

Безжизненным называется газ, наиболее распространенный в природе. Он — составная часть воздуха, в котором на долю этого газа приходится 78,16% по объему и 75,5% по весу. Вес воздушной оболочки, окружающей земной шар, составляет 5 300 000 000 000 000 тонн, на долю безжизненного газа приходится 4 001 500 000 000 000 тонн. Это почти в 10 (а точнее в 9,8) раз больше веса всего Кавказского хребта.

Несмотря на то, что изучение воздуха началось очень давно, и еще древнегреческий философ Анаксимандр, живший в VI веке до нашего летоисчисления, произвел убедительные опыты, доказавшие современникам вещественность воздуха, вопрос о его составе был решен гораздо позднее — во второй половине XVIII столетия.

В 1772 г. англичанин Даниэль Резерфорд установил, что воздух, оставшийся под колоколом, где жила несколько дней мышь, освобожденный от углекислоты, не поддерживает горения и дыхания. Оставшийся под колоколом газ он назвал «ядовитым воздухом.» В том же году другой английский ученый — Пристли, получив «ядовитый воздух» иным путем, назвал его «флогистированным воздухом». В 1773 г. Карл Вильгельм Шееле, шведский аптекарь из города Штральзунда, установил, что воздух состоит из двух газов и назвал газ, не поддерживающий дыхания и горения, «дурным или испорченным воздухом».

✓ В 1776 г. известный французский ученый Антуан Лоран Лавуазье, подробно исследуя «ядовитый», «флогистированный» и «дурной» воздуха, установил тождество между ними и одиннадцать лет спустя, будучи членом комиссии по выработке новой химической номенклатуры, предложил назвать эту часть воздуха безжизненным (от греческих слов: «а» — означающего отрицание, и «зоэ» — «жизнь»). Слово «азот» имеет древнее происхождение. Еще в алхимических рукописях далекого средневековья встречается термин «азот философов», в котором слово азот было произведено путем сочетания буквы «а» — первой во всех известных в то время алфавитах с последними буквами латинского (зет), греческого (омега) и древнееврейского (тов) алфавитов. Полученное таким образом слово означает «начало и конец всех начал».

/ Азот представляет газ несколько легче воздуха (1 л азота весит 1,251 г) без цвета и запаха. При -196° азот превращается в бесцветную жидкость, отвердевающую при $-210,5^{\circ}$ в прозрачную бесцветную массу.

Название азота происходит от латинского слова «нитрогениум», введенного в науку в 1790 г. Шапталем, что значит «рождающий селитру», — пожалуй, единственного соединения азота в более или менее значительных количествах, встречающегося в природе.

В небольших количествах селитра встречается в Закавказье, в долине реки Аракс, в Средней Азии. В начале

ХІХ в. в Южной Америке, в пустынях Чили, были открыты крупные месторождения селитры. В настоящее время эти залежи сильно истощены, т. к. селитра является одним из основных предметов чилийского экспорта и представляет собой ценное удобрение.

Вопреки своему названию, азот совершенно необходим для жизни организмов. Установлено, что азот является составной частью каждой молекулы, каждой клетки любого организма, независимо от того, будет ли это невесомая бактерия или 150-тонная туша сннего кита. В химическом отношении азот довольно инертный газ. При обычных условиях он не вступает в соединения ни с металлоидами, ни с металлами (исключая литий). Находящийся в атмосфере азот представляет собой простое вещество — газ, молекулы которого состоят из двух атомов, очень прочно связанных друг с другом. Над каждым гектаром земной поверхности постоянно «висят» 80 тысяч тонн азота. Несмотря на огромные запасы свободного азота в природе, животные и растения не могут непосредственно его усваивать. Исключение составляют бактерии (открытые русским ученым Виноградским), развивающиеся на корнях бобовых растений. Они усваивают атмосферный азот, образуя азотистые соединения. Основная масса растений получает соединения азота из почвы, которая постепенно беднеет азотом. Внесение органических удобрений только частично пополняет убыль азота, других же путей для восполнения запасов азотистых соединений в почве не было открыто до начала XX века. На рубеже XIX—XX столетий приобрела популярность и серьезно обсуждалась такая нелепая идея, как «азотная смерть» человечества. Ее сторонники пытались доказать, что прогрессивная потеря азота почвой должна привести к резкому сни-



жению урожайности полей, к наступлению «азотного голода», а за ним и «азотной смерти» всего человечества.

В противоположность этой «теории» Д. И. Менделеев в своем труде «Основы химии» писал: «Так как азотистые вещества организмов играют в них весьма важную роль (без них органической жизни нет), ...то вопрос о способах превращения азота воздуха в почвенные азотистые соединения... составляет один из таких вопросов, которые представляют великий теоретический и практический интерес».

Каким же образом пополняются запасы азотистых соединений в почве? Оказывается, что эти вещества поступают в почву из атмосферы во время... грозовых ливней. При высокой температуре азот образует различные соединения с кислородом (второй составной частью воздуха), и влагой воздуха. Высокая температура создается молниями во время грозы. Всякая электрическая искра, даже самая маленькая, представляет собой мощный взрыв. При достаточно крупной искре в течение миллионных долей секунды развивается мощность, равная мощности крупной электростанции, а температура достигает нескольких тысяч градусов.

Длительность существования основного разряда молнии колеблется от 0,05 до 0,1 секунды, и сила тока достигает в среднем 20 000 ампер при напряжении 10 000 000 вольт. Мощность молний баснословна и достигает 200 000 000 киловатт. Эта мощность во много раз больше, чем мощность, развиваемая в самых больших электрических установках, когда-либо созданных человеком. Такова мощность одного только разряда. А число гроз, во время которых бывают десятки и сотни таких разрядов, очень велико. Ежегодно в атмосфере земного шара происходит около 16 миллионов гроз. Каждый час в различных участках воздушного океана грохочут громы и сверкают молнии двух тысяч гроз. Каждую секунду воздух пронзают молнии, которые повышают температуру на пути своего движения; азот соединяется с кислородом в окисел, хорошо растворимый в воде, образуя одно из важнейших соединений азота — азотную кислоту. Если учесть, что ливни, сопровождающиеся грозами, основательно промывают атмосферу (из грозового облака с радиусом в 5 километров за одну минуту выливается до 375 000 тонн воды), то ни одна молекула кислородного соединения азота

не «пропадает даром». Азотная кислота, попадая в почву, реагирует с находящимися в ней соединениями натрия, кальция, калия и образует соли азотной кислоты — селитры, необходимые для растений. Так с помощью гроз безжизненный азот вовлекается в процесс жизни растений, а через них — животных и человека. Недаром народ издавна называет грозы «живоносными и животворными».

Человек скопировал у природы способ получения соединений азота. В 1901 г. норвежский теоретик, специалист по изучению северных сияний Биркеланд в сотрудничестве с инженером-практиком Эйле успешно осуществил опыты соединения азота и кислорода с помощью электричества. К началу 1905 г. уже несколько заводов стали получать азотную кислоту непосредственным «сжиганием воздуха» в пламени электрической дуги.

Однако малый выход окиси азота, а также чрезвычайно большой расход электрической энергии (на тонну связанного азота более 60 000 *квт-ч*) не оправдали скопированного у природы способа получения азотистых соединений. В конце 20-х годов эти заводы были закрыты, и способ Биркеланда и Эйле уступил свое место другим.

В 1905 г. был осуществлен в промышленности цианамидный способ связывания азота, получивший свое название от цианамид кальция, продукта соединения карбида кальция с азотом. Цианамид кальция получается в электрической печи путем пропускания азота через слой измельченного и нагретого до температуры 1000° карбида кальция. Технический продукт содержит от 18 до 24% азота и в измельченном состоянии непосредственно применяется как удобрение.

Несмотря на то, что процесс получения цианамид кальция несложен, исходные материалы недороги, однако расход энергии все еще высок: на одну тонну связанного азота требуется около 10 000 *квт-час*. Поэтому производство цианамид кальция хотя и не утратило своего значения до настоящего времени, тем не менее, начиная с 20-х годов текущего столетия, первое место в азотной промышленности занял синтез аммиака, разработанный Бошем, Габером и Нернстом.

Первый завод синтетического аммиака начал работать в Германии в 1913 г. Спустя 10 лет синтез аммиака широко применялся на многих заводах различных стран. Экономичность способа (расход энергии при получении водорода

из водяного газа не превышает 1700 *квт-ч* на каждую тонну связанного азота) сделала аммиак исходным материалом для получения не только азотной кислоты, но и других азотистых соединений.

Азотная кислота и водородное соединение азота — аммиак — являются важнейшими соединениями азота, без которых не могли бы развиваться многие отрасли современной химической промышленности и сельского хозяйства.

Азотная промышленность в СССР, включающая производство аммиака, азотной кислоты и азотных удобрений, является одной из наиболее мощных в мире. Основателем отечественного производства азотной кислоты был инженер И. И. Андреев. В 1914 г. он разработал способ получения азотной кислоты путем окисления аммиака, образующегося при коксовании угля.

Потребность отыскания эффективного способа получения азотной кислоты, необходимой в производстве взрывчатых веществ, стала особенно остро ощущаться в России во время первой мировой войны, в связи с трудностями доставки из Чили селитры. Она служила исходным материалом для получения азотной кислоты по способу, разработанному еще алхимиками (нагревание селитры в смеси с железным купоросом или квасцами). О величине этой потребности можно судить по следующим фактам: если в начале войны на заводах России изготовлялось 80 тонн взрывчатых веществ в месяц, то к концу 1916 г. месячная продукция составляла уже 6400 тонн.

Проделав огромную работу по изучению реакции окисления аммиака, подбора катализаторов для нее, действия «ядов» на эти катализаторы, конструкции аппаратов для окисления аммиака, И. И. Андреев приступил к созданию опытно-промышленной установки на коксохимическом заводе в Макеевке.

Данные о работе этой установки легли в основу проекта первого отечественного завода по производству азотной кислоты из аммиака, составленного Н. М. Кулепетовым. Этот завод был создан в Юзовке (ныне Сталино) и в июле 1917 г. дал первые порции азотной кислоты.

Находясь на дне воздушного океана, растения и животные настолько приспособились к азоту, что обычно он считается неопасным. Однако это не совсем верно. Из опыта работы водолазов и кессонных рабочих на больших глубинах

нах известно, что нередко при подаче для дыхания сжатого воздуха развивается своеобразное состояние, известное под именем «азотного наркоза», несколько похожее на алкогольное опьянение. Симптомы «наркоза» (головкружение, нарушение координации движений, спутанность сознания и др.) быстро проходят, если сжатый воздух заменяется кислородно-гелиевой смесью. Причиной «азотного наркоза» является увеличение концентрации азота, растворенного в жирах, тканях и жидкостях организма.

Практическое применение свободного азота ограничено. Его употребляют для заполнения электрических ламп. В медицине чистый азот используется для наложения пневмоторакса при некоторых формах туберкулеза легких.

Нередко азот оправдывает и свое буквальное название — «безжизненный». В 1342 г. солдаты испанского короля с ужасом, молитвами и заклинаниями отхлынули от стен Алхезираса, распространяя по Европе весть о том, что союзником арабов, оборонявших Алхезирас, является дьявольская сила, без пощады и страха перед святым крестом кидающая с грохотом, огнем и дымом каленые ядра. С того времени до настоящего дня в угоду наживе азот, входящий в состав взрывчатых веществ, работает на полях войны во славу смерти.

Когда грянет последний час капитализма, азот будет служить только процветанию человеческого общества, ибо, как указывала передовая статья газеты «Правда», еще в 1932 г.: «Азот в сложении с капитализмом — это война, разрушение, смерть. Азот в сложении с социализмом — это высокий урожай, высокая производительность труда, высокий материальный и культурный уровень трудящихся».

САМЫЙ РАСПРОСТРАНЕННЫЙ

8. Кислород — Oxygenium (O)

На одной из площадей города Лидса (Англия) стоит бронзовая скульптура молодого красивого человека в модном костюме XVIII века. Волосы на голове завиты под парик. В правой руке он держит линзу, в левой — тигель с «ртутной окалиной». Поворот головы, выражение лица, пристальный взгляд выражают внимание и терпеливое ожидание результата.

В бронзе благодарные соотечественники запечатали известного химика Пристли в момент проведения знаменитого опыта. Ниже приводится небольшая выдержка из описания этого опыта.

«Достав линзу с диаметром в два дюйма и с фокусным расстоянием в двадцать дюймов, я начал исследовать с ее помощью, какой род воздуха выделяется из разнообразнейших веществ, естественных и искусственно приготовленных. После ряда других опытов 1 августа 1774 г. я попытался извлечь воздух из ртутной окарины и нашел, что воздух легко может быть изгнан из нее посредством линзы. Этот воздух не поглощался водой. Каково же было мое изумление, когда я обнаружил, что свеча горит в этом воздухе необычайно ярким пламенем. Тщетно пытался я найти объяснение этому явлению».

Если сказать, что во времена Пристли все газы назывались «воздухами», окислы металлов «окаринами», а линза являлась инструментом для получения высокой температуры путем собирания солнечных лучей в фокусе, то все станет понятным в описании опыта Пристли. Он открыл кислород. Однако это было окончательно установлено через 2 года работами Лавуазье, который за способность вновь открытого газа поддерживать дыхание назвал его сначала «жизненным воздухом», заменив впоследствии это название латинским словом оксигениум, заимствованным из греческого языка, где слово «оксюс» означало «кислый» и «генао» — «рождаю», «произвожу» (рождающий кислоту).

Таким образом, русский язык, как и в случае с водородом, буквально перевел название рассматриваемого элемента.

Независимо от Пристли кислород был обнаружен шведом Шееле и естествоиспытателем Байеном. Гораздо раньше европейцев знали о кислороде китайцы. Упоминания о нем встречаются в источниках Мао-Коа, относящихся к VIII веку нашего летоисчисления.

Кислород — вторая по количеству и важнейшая для жизни составная часть воздуха, в котором на долю кислорода приходится 21 % по объему и 23 % по весу. Количество свободного кислорода в атмосфере земного шара оценивается в 1 000 000 000 000 000 с лишним тонн. Столько же весит миллиард пирамид Хеопса — наиболее крупного сооружения древности (для перевозки всего материала пирамид понадобилось бы 9000 товарных поездов). Несмотря

на громадность этой величины, вес свободного кислорода не превышает и 0,0001 содержания его в земной коре. Кислород обязателен для существования жизни.

Если на какой-либо планете будет установлено наличие воды, кислорода и благоприятный интервал температур, можно утверждать, что там есть условия для жизни.

Из всех веществ природы кислород наиболее распространен. Земная кора до глубины 10—15 километров почти на 50% ее веса состоит из кислорода. Например, песок содержит 53% кислорода, в глине его — 56%, в человеческом организме — 65%, в составе воды — около 89%, а ведь одна только вода покрывает $\frac{2}{3}$ поверхности земного шара.

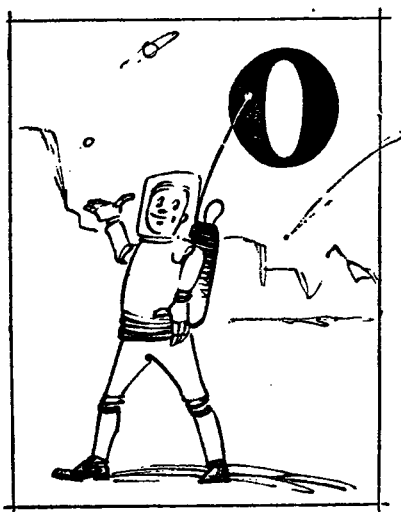
Кислород — газ, сравнительно плохо растворимый в воде: в 100 объемах воды при температуре, близкой к нулю, растворяется около пяти объемов кислорода (4,89). Растворение кислорода имеет огромное значение для дыхания живых организмов, населяющих водоемы.

Литр кислорода весит (1,4289) немного больше равного объема воздуха (1,293). При охлаждении до минус 183° кислород превращается в голубую жидкость, притягивающуюся магнитом, немного тяжелее воды (уд. вес 1,124).

Кислород в технике получают из жидкого воздуха, пользуясь более высокой температурой кипения жидкого кислорода (-183°) в сравнении с жидким азотом ($-195,8^{\circ}$).

Получают также и электролизом воды, но это значительно дороже.

Источником кислорода может быть также перекись водорода, второе соединение водорода с кислородом, в котором в отличие от воды, содержится не один, а два атома



кислорода. Перекись водорода — вязкая, сиропообразная бесцветная жидкость, в которой, по выражению Д. И. Менделеева, «...заключается кислород, сжатый, так сказать, втиснутый (внутренними) силами элементов в другое вещество, легко выделяющийся из соединения и поэтому действующий как кислород в момент выделения».

Для беления шелка, соломы и других материалов в промышленности, а также в косметике применяется 3-процентная перекись водорода. 99—100% перекись водорода в годы второй мировой войны использовалась фашистской Германией для снабжения кислородом подводных лодок дальнего действия и запуска ракетных снарядов (Фау-1) при обстреле Лондона. Работы по изысканию способов концентрирования перекиси водорода велись в строжайшей тайне задолго до войны.

Разложение перекиси водорода, сопровождающееся образованием воды и кислорода, идет с огромным выделением тепла. Этого тепла достаточно для того, чтобы образующаяся при разложении перекиси вода превратилась в пар, нагретый до 750° . Применение перекиси водорода в ракетных двигателях определенного типа на этом и основано.

Кислород находит широкое применение в технике как интенсификатор (активатор) химических процессов (производство серной и азотной кислот, в металлургии).

Большое сродство кислорода к водороду используется для восстановления металлов водородом из окислов. Преимущества этого способа перед другими (восстановление углем, его окисью и др.) заключается в том, что металл получается свободным от углерода и его соединений (карбидов). Кислород применяется при получении высоких температур. Для этого различные горючие газы (водород, светильный газ, ацетилен) сжигают в смеси с кислородом. Высокая температура, достигаемая в пламени специальных горелок (до 3000°), используется для сварки и резки металлов. Скорость резки металлов зависит от толщины разрезаемого объекта. Например, стальная плита толщиной в 13 см и шириной в один метр разрезается в 5—7 минут. В качестве курьеза следует отметить, что «изобретателем» резки металла с помощью кислородно-водородного пламени явился ... взломщик несгораемых сейфов, впервые в 1890 г. в городе Ганновере сделавший разрез в стенке стального сейфа.

Жидкий кислород, как это в свое время предвидел «отец ракетоплавания» К. Э. Циолковский, применяется в реактивных двигателях.

Широкое применение находит кислород в медицине при лечении тяжелых заболеваний легких, сердца, почек, а также при некоторых отравлениях, в частности газами (окисью углерода, боевыми отравляющими веществами).

Следует заметить, что один вдох кислорода равноценен пяти вдохам воздуха. Таким образом, при вдыхании кислорода этот газ не только поступает в организм больного в достаточном количестве, но и сберегает его силы для самого процесса дыхания.

При прохождении электрических разрядов кислород превращается в новое, газообразное, простое вещество, названное швейцарским химиком Шенбейном озоном (от греческого «озо», что значит пахну). Обнаружен озон был в 1785 г. голландским физиком Ван-Марумом.

В чистом виде озон был получен только в 1922 г. немецкими химиками Е. Ризенфельдом и Г. Швабом. При высоком давлении (150 атм) и сильном охлаждении ($-112,3^{\circ}$) озон превращается в темно-фиолетовую жидкость, затвердевающую при дальнейшем охлаждении в темно-фиолетовую кристаллическую массу.

По химическим свойствам озон во много раз активнее кислорода. Он легко обесцвечивает краски, разрушает органические вещества; фосфор, сера переводятся в соответствующие окислы. Даже серебро легко соединяется с озоном.

Окислительные свойства озона определяют и значимость его в практике, где он применяется для отбелики и уничтожения запаха жиров и масел, дезинфекции воздуха, стерилизации воды, поступающей в городской водопровод и т. д.

Озон постоянно находится в воздухе в незначительных количествах (0,000001% по объему). В воздухе полей, хвойных лесов и океанов озона больше, чем вблизи жилищ. У поверхности воздушного океана (на высоте 15—30 км) озон образуется под действием на кислород ультрафиолетовых лучей.

В жизни человека и животных озон играет важную роль, о которой многие и не подозревают. Озон спасает... от слепоты! А она неизбежно бы поражала животные организмы вскоре же после рождения их, если бы в атмосфе-

ре отсутствовал озон, общее содержание которого соответствует слою газа вокруг земного шара толщиной всего лишь... в три миллиметра.

Дело в том, что из общей массы лучей, посылаемых Солнцем на Землю, озон поглощает, главным образом, ультрафиолетовые, которые чрезвычайно вредны для сетчатой оболочки глаза. В обычных условиях оставшиеся ультрафиолетовые лучи поглощаются целиком хрусталиком, однако помощь хрусталика будет тотчас же недостаточной, если количество ультрафиолетовых лучей увеличится. Это было бы неизбежным при уменьшении содержания озона в воздухе, не говоря об его исчезновении.

Однако увеличение количества озона грозит другой опасностью не менее страшной, чем первая. Ультрафиолетовые лучи, необходимые для образования витамина Д, важнейшего из витаминов при формировании организма, целиком поглощаясь озоном, не достигали бы Земли, и образование витамина не происходило бы. Отсутствие этого витамина привело бы к вымиранию животных и человека.

Так в озоне выявляется ярчайший пример единства противоположностей, когда в одной причине одновременно сосредоточены неизмеримая польза и огромный вред.

От кислорода озон отличается строением молекулы: молекула кислорода состоит из двух атомов, в образовании озона принимают участие три атома кислорода. Разница невелика, но это разительно сказывается на свойствах обоих веществ.

Животные и человек всю свою жизнь находятся в воздухе, в котором 23% по весу свободного кислорода. Пребывание же в атмосфере с содержанием озона порядка 1 : 1 000 000 уже вызывает чувство усталости, головную боль; при более высоких концентрациях к этим симптомам добавляется тошнота, кровотечение из носа, воспаление глаз, перерождение сердечной мышцы, смерть.

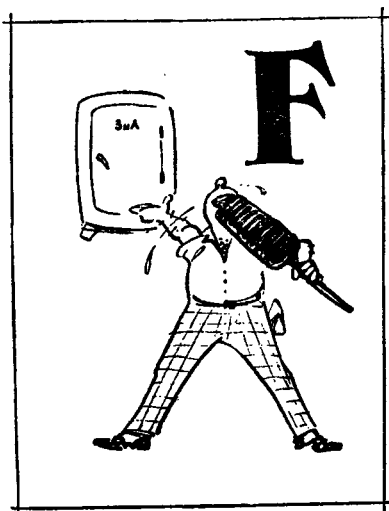
РАЗРУШАЮЩИЙ

9. Фтор — Fluogim (F)

Ни один из химических элементов не принес химикам столько трагических событий, как фтор. Погиб один из членов ирландской Академии наук Томас Нокс, потерял

трудоспособность другой ученый той же Академии Георг Нокс, мученическую смерть принял известный химик из Нанси Джером Никлес. Поплатился жизнью брюссельский химик П. Лайет. Отравились фтором и пострадали Гей-Люссак, французский химик Тенар, английский химик Дэви и многие другие. И сейчас работа с фтором требует большой предосторожности и продуманных мер защиты. Резиновые перчатки и фартуки при действии фтора могут воспламеняться. При соприкосновении с кожей фтор вызывает сильные ожоги, вдыхание его приводит к тяжелому воспалению дыхательных путей и легких, могущему закончиться отеком легких и смертью. Для защиты дыхательных путей применяется кислородный прибор или специальные маски, соединенные фтороупорным шлангом с источником чистого воздуха. Малейшая неосторожность в работе с фтором — и у человека будут разрушены зубы, обезображены, испорчены ногти. Даже небольшие количества фтора и его соединений быстро вызывают разрушение зубной эмали. Постепенное и длительное, или хроническое отравление фтором (что может иметь место при повышенном содержании фтористых соединений в питьевой воде), ведет также к повышению хрупкости костей. При избытке фтора наблюдается выпадение соединений кальция в тканях и, в частности, в стенках сосудов, что делает их хрупкими и ломкими. Ломкость сосудов — опасное явление, связанное с тяжелыми и часто смертельными кровотечениями.

Но все-таки определенные количества фтора необходимы для нормальной жизнедеятельности человека и животных. Это было установлено после случайного обнаружения фтора в зубе ископаемого слона, найденного в окрест-



ностях Рима. Находка побудила исследователей заняться изучением химического состава зубов животных и человека. Оказалось, что фтор является необходимой составной частью костей и зубов. В состав зубов входит до 0,02% фтора, причем большая часть этого количества как раз входит в эмаль. Фтор, необходимый для построения зубной эмали и костей, поступает в организм с питьевой водой, где его содержится до 1 грамма на 5 тонн воды.

При содержании фтора в воде, превышающем 0,0005%, развивается особое заболевание зубов — флюороз, проявляющееся в почернении зубной эмали и выпадении зубов. Флюороз обычно наблюдается в районах вулканизма и месторождений фтороapatитов (Япония, Северная Африка, некоторые местности в Америке и др. странах). Если содержание фтора в питьевой воде недостаточно (менее 0,00002%) его место в зубной эмали замещается ионами гидроксила. В результате чего устойчивость эмали резко снижается; наступает кариес (нарушение целостности эмали и дентина), быстро ведущий к полному разрушению зубов.

Болезни зубов при недостатке или избытке фтора можно предупредить. В первом случае это достигается специальной очисткой питьевой воды от избытка фтора, во втором — добавлением к воде следов (незначительных количеств) фтористого натрия.

Весьма поучительна история, относящаяся к событиям современности. По так называемому «плану Маршалла» капиталисты Соединенных Штатов вывозили из Франции знаменитые французские вина, а взамен их ввозили во Францию пиво. Пиво быстро теряет свои качества при перевозке. Американские фирмы установили, что если к пиву добавлять незначительные количества плавиковой кислоты (фтористоводородной кислоты), то устойчивость пива возрастет, и без потери вкусовых качеств пиво можно транспортировать на дальние расстояния. Конечно, у потребителей такого пива будет происходить хроническое отравление со всеми последствиями, но... бизнес есть бизнес. И во Францию стали ввозить такое пиво. Вскоре были зарегистрированы десятки тысяч случаев разрушения зубной эмали. Фтор лишний раз оправдал свое греческое название — разрушающий, принятое русскими химиками («фторос» по-гречески — разрушающий).

Между прочим, у химиков других стран фтор называют «флюор», (от латинского слова «флюо» — течь). Дело

в том, что фтор содержится в минерале, который со времен средневековой металлургии применялся в качестве плавня (флюса), облегчавшего сплавление пустой породы и жидкотекучесть образующегося шлака.

Процентное содержание фтора в земной коре, конечно в виде соединений, почти такое же, как азота, хрома, серы. Промышленное значение имеют только два минерала, содержащие фтор, — это плавиковый шпат и криолит. Криолит (от греческих слов: «криос» — холод и «литос» — камень) — холодный или ледяной камень — встречается в земной коре очень редко. Главное месторождение криолита находится в Гренландии. Как ни далека Гренландия, тем не менее всем государствам приходится посылать туда пароходы за криолитом. Без криолита нельзя выплавлять алюминий. А без алюминия невозможно в настоящее время развитие промышленности. Кроме алюминиевой промышленности, фтористые соединения требуются при выплавке металлического магния и бериллия.

Наше государство, не желая быть в зависимости от иностранных капиталистов, уже много лет готовит криолит химическим путем. «Искусственный» криолит не только не уступает естественному, но по ряду свойств превосходит его.

В чудесной книге академика Александра Евгеньевича Ферсмана в заключение раздела «Фтор — всеядный» сказано следующее: «Фтор, еще очень мало изученный химический элемент природы 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».

За последние годы с помощью фтора получен ряд новых материалов с очень ценными свойствами: нестареющие смазочные материалы, активные инсектофунгисиды¹, светостойчивые красители, эффективные катализаторы, незаменимые диэлектрики — вот начало длинного списка технических товаров, спрос на которые растет с каждым днем. Бытовой прибор — домашний холодильник имеет в качестве рабочей жидкости, охлаждающей внутренний объем, фтористое соединение. Это химическое вещество с причудливым названием «дифтордихлорметан» в холо-

¹ Инсектофунгисиды — вещества, употребляемые в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми, грибами и др. вредителями сельскохозяйственных культур.

дильной технике именуют «фреоном». Испаряясь в специальных трубках, расположенных в верхней части холодильникового шкафа, фреон отнимает тепло из окружающего пространства.

Не менее ценными свойствами обладают новые пластмассы, в состав которых входит фтор. Некоторые из них выдерживают нагревание до 500° без потери свойств. Эти материалы идут на изоляцию проводов в электромоторах, работающих при высоких температурах.

Соединения, объединяемые общим названием фтороуглероды, вошли в словарь в конце пятого десятилетия нашего века. Этих веществ нет в природе. В полном смысле слова эти вещества — детище химии. Фтороуглероды не горят, не корродируют, не гниют и не распадаются, не смазываются маслами и водой. На них не действует азотная кислота и царская водка. К ним даже не пристаёт... хлебное тесто. Формы для хлеба и макарон можно не смазывать жиром, а покрывать пленкой фтороуглерода. Одни из этих соединений — жидкости, другие — твердые вещества. Тефлоны или фторопласты с полным правом называют «органической платиной» за стойкость. Попробуем перечислить области применения фтороуглеродов: охлаждающие жидкости моторов, пропитка тканей, «вечные» смазочные масла, которые не нужно менять, фторкаучуки бессрочной службы, электрическая изоляция, добавки к ваннам для электролиза... Рождена новая наука — химия фтороуглеродов.

Водный раствор соединения фтора с водородом — фтористоводородная (плавиковая) кислота обладает замечательными свойствами. Она способна растворять большинство металлов и даже стекло. Такую кислоту можно хранить только в склянках, покрытых изнутри парафином. В настоящее время на смену парафину пришли полимерные материалы. Плавиковую кислоту стали хранить и перевозить в таре из полиэтилена. Способность плавиковой кислоты растворять стекло используется для практических целей. С помощью плавиковой кислоты вытравливают на стекле надписи, рисунки.

Соль плавиковой кислоты — фтористый натрий — в больших количествах применяется для консервирования дерева, для пропитки железнодорожных шпал, столбов, свай и т. д. В виде 75% пасты широко применяется в профилактике кариеса, а также как лечебное и обезболиваю-

щее средство при лечении и препаровке твердых тканей зубов.

Фтористый кальций — кальциевая соль плавиковой кислоты (плавиковый шпат — флюорит) в больших количествах применяется в металлургии.

Главным материалом, из которого получают фтор, а затем и его соединения, является плавиковый шпат. Большие количества плавикового шпата находятся в США, а также в СССР.

В свободном состоянии фтор был получен 26 июня 1886 г. французским химиком Муассоном. Это зеленовато-желтый газ, немного тяжелее воздуха, с характерным запахом и необыкновенной химической активностью. За исключением инертных газов, фтор образует соединения со всеми другими элементами. Даже платина, нагретая до 500° , сгорает во фторе. С водородом фтор реагирует со взрывом при температуре... в 252° мороза.

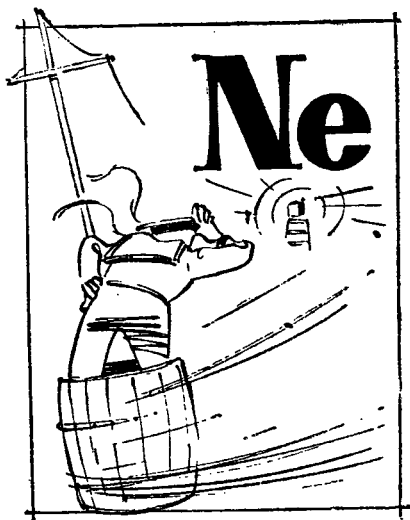
НОВЫЙ СРЕДИ СТАРЫХ

10. Неон — Neon (Ne)

О том, что азот, кислород и углекислота входят в состав воздуха, известно уже давно. Во всяком случае, ко времени изобретения машины, превращающей воздух в жидкость (1897 г.), об основных газах воздуха — азоте, кислороде и углекислоте были собраны почти исчерпывающие сведения. Эти газы были старыми знакомыми и для физиков, и для химиков.

Однако в 1898 г. Рамзай при исследовании с помощью спектроскопа первых порций газа, испаряющихся из жидкого воздуха, обнаружил в них новый газ. От греческого слова новый — «неос» — произошло название этого газа — неон.

В одном кубическом метре воздуха содержится 18 кубических сантиметров неона. Неон, подобно азоту и кислороду, входящих в состав воздуха, не имеет цвета, запаха и вкуса. Однако в отличие от них, неон — абсолютно инертный газ. В жидком виде неон, после гелия и водорода, является наиболее низкокипящей (-246°) и трудно замерзающей (-249°) жидкостью.



Способность неона, заключенного в стеклянной трубке, светиться оранжево-красным светом при пропускании через него электрического тока используется в электротехнике. Причудливые гирлянды световых реклам и надписи, светящиеся красным светом в витринах магазинов, на вывесках театров и кино, на шпилях высотных зданий, над вестибюлями московского метро — все это стеклянные трубки с неоном, через кото-

рый пропущен электрический ток.

Неоновый свет обладает замечательными свойствами: он далеко различим даже в тумане. Поэтому мощные неоновые электролампы особенно широко применяются на маяках и различного рода сигнальных установках. В ненастные ночи, когда не видно ни звезд, ни луны, когда густой туман поглощает свет обычных электроламп, неоновые трубки ярко светятся во тьме, указывая путь морским и воздушным кораблям.

ПЛАВЯЩИЙСЯ... В ВОДЕ

11. Натрий — Natrium (Na)

Английский торговец старинными вещами Бэйкер, считавший себя любителем естественных наук, умирая завещал Королевскому научному обществу (английская Академия наук) свое состояние. В завещании Бэйкера было записано следующее условие: проценты с денежной суммы, хранящейся в банке, ежегодно выплачивать тому, кто прочитает в Королевском обществе доклад о каком-либо выдающемся открытии. Подобного рода доклады о

выдающихся открытиях в области науки стали называться докладами имени Бэйкера. Чтение Бэйкеровского доклада ученые считают для себя за честь, но, конечно, не потому, что чтецу выплачивают проценты с завещанной суммы. Нет. Дело не в этом. В условиях завещания сказано: «доклад о выдающемся открытии» — вот, что ценит ученый, чтец Бэйкеровского доклада — признание значимости его открытия. Бэйкеровские лекции читаются в Англии и ныне.



19 ноября 1807 г. в Лондоне Гэмфри Дэви выступил с докладом и сообщил о вещах, невероятных для того времени. Опытным путем он провел разложение «нелетучих щелочей» (продуктов взаимодействия углекислых солей натрия и калия с гашеной известью), приведшее «к выделению новых и необычайных тел, лежащих в основе этих нелетучих щелочей». Было установлено, что «нелетучие щелочи» представляют собой не простые вещества, — как долгое время считали раньше, — а сложные соединения. Под действием электрического тока эти соединения разлагаются с выделением разных, но очень похожих по химическим свойствам элементов. Один из них Дэви назвал «потассием», произведя это название от созвучного английского слова, означающего поташ. Другой — Дэви назвал «содием» от латинского слова «сода».

В 1810 г. Гильберт вместо названия «потассий» ввел название «калий» (от арабского слова «алкали» — щелочь). Шведский химик Я. Берцелиус в 1811 г. заменил «содий» названием «натрий», произведя его от арабского слова «натрон» — сода. Русский химик Г. И. Гесс ввел в 1831 г. эти названия в русскую химическую литературу.

Между прочим, названия «потассий» и «содий» сохра-

нились в некоторых странах (Англия, США, Италия и др.) до настоящего времени.

Дэви показал слушателям открытые им металлы и продемонстрировал их химические свойства. В склянке под слоем керосина они сверкали нежным серебристым блеском, но стоило бросить их в воду, они к большому удивлению присутствующих не тонули в ней, а, плавая, начинали быстро двигаться, «бегать» по ее поверхности, расплавляясь в блестящие капельки. Один из них даже загорелся. Вода, где происходили эти явления, превращалась в раствор, обладающий всеми свойствами крепкой щелочи. Металл, загорающийся от воды! Это было невероятно. И недаром один из присутствующих на лекции Дэви слушателей, пораженный всем виденным, сказал: «Вель этак, пожалуй, завтра начнут чуть ли не из нюхательного табака добывать электричеством золото, алмазы или еще черт знает что!».

Дэви знаменит не только как «открыватель» новых металлов, но и как изобретатель безопасной шахтерской лампы, известной под именем лампы Дэви. Она спасла не одну тысячу шахтерских жизней от разрушительных взрывов рудничных газов.

Натрий — исключительно активный металл. Вот почему, являясь одним из распространенных элементов и составляя 2% в общем числе атомов земной коры, он не встречается в свободном состоянии. Соединения же его весьма разнообразны, и некоторые из них широко распространены. К их числу относится знакомая нам всем поваренная соль. Соль состоит из натрия и хлора. Натрий, как уже указывалось, один из активных металлов, хлор является одним из активных неметаллов. В свободном состоянии оба эти элемента обладают губительным действием на организм животных и человека. Однако в соединении они дают соль, без которой невозможна жизнь животных и человека. Соль необходима организму для обеспечения важнейших физиологических процессов. Этим объясняется естественная потребность человека и животных в соли. В крови соль создает необходимые условия для существования красных кровяных телец, в мышцах — сохраняет способность к возбудимости, в сердце — определяет его ритм, в желудке — служит для выработки соляной кислоты, без которой невозможно переваривание и усвоение пищи. Таково значение для организма поварен-

ной соли. Необходимость соли для жизни была известна на основе жизненного опыта со времен глубочайшей древности. И не случайно значение соли нашло свое отражение в многочисленных народных пословицах, поговорках и обычаях. «Хлеб да соль» — вот одно из крылатых пожеланий, которым русские люди с давних пор приветствуют друг друга во время приема пищи, подчеркивая равноценное с хлебом значение соли. Хлеб и соль стали символом гостеприимства и радушия. Хлебом и солью русские люди издавна встречали своих дорогих гостей, любимых героев, вождей и полководцев, борцов за свободу и счастье.

✓ В год каждый человек с пищей потребляет от 8 до 10 кг соли. Недаром говорят: «Чтобы узнать человека, надо с ним пуд соли съесть». Оказывается это не так уж много и по весу и по времени: за год вдвоем и будет съеден пуд (16 кг соли).

Наибольшее количество натрия связано в соединении с хлором. Соль, или, как ее называют химики, хлористый натрий, образует мощные отложения. В Соль-Илецке например, толщина пласта соли превышает полтора километра. Соли, находящиеся в озере Баскунчак в Астраханской области, хватит нашей стране на 400 лет. Огромные количества соли содержат в себе воды морей и океанов. Солью, извлеченной из морских вод, можно было бы засыпать всю сушу земного шара слоем в... 130 метров. Так велико количество соли!

В заключение еще несколько слов о самом натрии. Мы привыкли к тому, что металлы плавятся при высоких температурах. Попробуйте-ка, например расплавить булавку или иголку! А вот металл натрий имеет температуру плавления всего только около 98°. Если бы натрий не был таким активным, его можно было бы плавить в кипящей воде.

Натрий находит применение в авиамоторах для отвода тепла от клапанов. В качестве теплоносителя металлический натрий используется в атомных реакторах. В производстве искусственного каучука натрий играет роль волшебного ускорителя реакции, соединяющего молекулы бутадиена в продукт, не уступающий по свойствам лучшим сортам естественного каучука. Натрий применяется в специальных газосветных лампах. Натриевая лампа наполнена неоном и содержит небольшое количе-

ство металлического натрия. При включении лампы разряд начинается в неоне. Тепло, выделяющееся при разряде, испаряет натрий, и, спустя некоторое время, красный свет неона сменяется желтым — натрия. Натриевые лампы являются мощными источниками света с высоким коэффициентом полезного действия (в лабораторных условиях до 70%). Высокая экономичность натриевых ламп дала возможность использовать их для освещения автострад, вокзалов, пристаней и т. д.

✓ С помощью натрия на расстоянии 113 тысяч километров от Земли была создана искусственная комета, путем выброса в мировое пространство натриевых паров с борта космической ракеты, впервые в истории человечества созданной руками советских людей и запущенной в просторы вселенной 2 января 1959 г. Вторая искусственная комета была создана во время полета второй космической ракеты на Луну. Выброшенное из ракеты натриевое облако достигло 600 км в диаметре за 4 мин. Свечение искусственной кометы можно было наблюдать через специальные фильтры. Оно позволило уточнить координаты облака и скорость его расширения.

МЕТАЛЛ, СГОРАЮЩИЙ В ПЛАМЕНИ СПИЧКИ

12. Магний — Magnesium (Mg)

В 1695 г. один из химиков, стремясь получить «философский камень», выпаривал воду, вытекавшую из недр земли близ города Эпсом (Англия). Он получил соль, обладающую... горьким вкусом и слабительным действием. Спустя пять лет было обнаружено, что соль Эпсома, взаимодействуя с «постоянной щелочью» (так почти до конца XVIII в. называли соду и поташ) образует рыхлый белый легкий порошок. За внешнее сходство с другим таким же легким и рыхлым порошком, который получался при прокаливании каменистой горной породы, находящейся близ греческого города Магнезии (в Восточной Фессалии), полученный порошок стали называть белой магнезией.

Есть основания полагать, что название могло произойти и от двух других городов древней Греции с теми же самыми «именами». Один из них — Магнезия в Лидии у подножья горы Сипеле. Другая Магнезия — в Ионии, известная как подарок персидского царя Артаксеркса афинскому государственному деятелю Фемистоклу. В окрестностях этих городов тоже встречалась порода, дававшая при обжиге белый порошок, получивший название магнезии.



В 1808 г. после того, как Дэви выделил металл, способный образовывать белую магнезию, этому металлу было присвоено «имя» магний.

Магний широко распространен в природе в виде разнообразных соединений, образующих минералы: магнезит, доломит, силикаты — оливин, авгит, асбест, тальк, морская пенка и др.

Магнезит образует мощные скопления, из доломита состоят целые горные хребты. Не меньшие количества соединений магния находятся в воде морей и океанов, где в пересчете на чистый магний его содержится не менее 60 000 000 000 000 000 тонн. Являясь биоэлементом, магний входит в состав живого вещества. Если в животных организмах количество магния не превышает сотых долей процента, то в растениях его уже значительно больше. Магний — необходимая составная часть красящего вещества растений — хлорофилла, играющего важную роль в процессах усвоения углекислоты. Общее содержание магния в живом веществе, главным образом в растениях, оценивается в 100 миллиардов тонн.

Хлорофилл — одно из замечательных веществ в природе. Он поглощает солнечные лучи, за счет энергии которых в листе осуществляются сложные химические пре-

вращения. В результате этих превращений из углекислого газа (продукта дыхания животных, человека и растений, отброса фабрик и заводов) и воды в зеленых частях растений создаются сложные органические вещества (сахар, крахмал и др.). Эти вещества необходимы для питания животных и человека. Данное превращение есть единственный на нашей планете естественный процесс образования органических веществ. Вот что писал по этому поводу великий русский ученый К. А. Тимирязев: «Все органические вещества, как бы они ни были разнообразны, где бы они ни встречались — в растении ли, в животном или человеке, прошли через лист... вне листа... в природе не существует лаборатории, где бы выделялось органическое вещество. Без усвоения растениями углерода на земле не было бы жизни в том виде, в каком она есть сейчас». В этом заключается мировая, или, как говорил К. А. Тимирязев, космическая, роль растений.

Процесс образования, или синтез органических веществ в листьях, называется фотосинтезом (от греческого слова «фотос» — свет). Фотосинтез сопровождается выделением из листьев кислорода и поглощением солнечных лучей, энергия которых закрепляется в виде скрытой энергии органических веществ в теле растения. Таким образом, с помощью хлорофилла растения осуществляют санитарную роль на Земле: очищают ее от углекислоты, жизнь в которой невозможна для животных и людей, и аккумулируют солнечное тепло. Просто схватить и спрятать луч Солнца невозможно, но с помощью растения, с помощью его зеленой ветки, зеленого листа можно не только извлечь углерод из воздуха, но и вместе с ним положить в запас и поглощенный хлорофиллом луч Солнца. А в состав хлорофилла входит до 2% магния. Без магния нет хлорофилла, а без него, как уже указывалось, не могла бы быть на Земле и жизнь в том виде, в каком она есть сейчас. Такова роль магния.

Что же представляет собой магний? Магний — металл, серебристо-белого цвета, очень легкий (уд. вес. 1,7), устойчивый на воздухе, так как быстро покрывается тонким слоем окиси, защищающим металл от дальнейшего окисления. Если магний поместить в пламя спички, он загорается и сгорает ярким пламенем с образованием густого белого дыма (окиси магния). При этом выделяется большое количество ультрафиолетовых лучей и тепла. Теплом,

выделяющимся при сгорании одного грамма магния, можно нагреть 100 граммов (полстакана) ледяной воды до 50° Цельсия.

Магний в минувшей войне использовался германской армией для изготовления зажигательных бомб и осветительных ракет. В фотографии при недостатке естественного освещения также использовалось магниевое освещение.

Способность магния давать прочные и легкие сплавы используется в металлургии. Из технических сплавов нашли широкое применение в машиностроении сплавы магналий и «электрон». Магналий — сплав 5—30% магния с алюминием. Этот сплав тверже алюминия, но легче последнего обрабатывается и полируется. Под названием «электрон» понимают ряд сплавов магния с алюминием (до 10,5%), цинком (до 4,5%) и марганцем (до 1,7%). Иногда в состав этих сплавов вводят медь, бериллий, титан и др.; обладая прекрасными техническими свойствами, «электрон» лишь немногим тяжелее (1,8) чистого магния.

МЕТАЛЛ СОЦИАЛИЗМА

13. Алюминий — Aluminium (Al)

В 1827 г. выдающийся немецкий химик, врач по образованию Фридрих Велер получил никогда и никем не виданный металл. Несколько раньше этот же металл был получен Эрстедом. Вначале Велером металл был выделен из химического соединения в виде серого порошка, приобретавшего при растирании металлический блеск. Попытки получить металл в виде слитка или хотя бы крупных зерен оставались безрезультатными. Потребовалось 18 лет упорных исканий! В 1845 г. они увенчались успехом. Велер получил новый металл в виде зерен величиной с булавочную головку. Внешне он был похож на серебро, но в отличие от него был необычайно легкий — в 4 раза легче серебра, в 3,5 раза легче меди и почти в 3 раза легче железа.

Так как исходным веществом для получения нового металла явились давно известные квасцы (по-латыни — «алюмен»), то и металл стали называть алюминием. Огромные трудности получения алюминия привели к тому,

что этот легкий, серебристый и красивый металл на первых порах ценился дороже золота. Первоначально килограмм алюминия стоил 1280 рублей, т. е. на 80 рублей дороже равного веса золота. Алюминий стал применяться для ювелирных изделий, заняв место среди драгоценных металлов.

На алюминий обратил свое внимание... император Наполеон III. Ничтожный и властолюбивый человек, «маленький племянник великого дяди», как называли его тогда¹, мечтал снабдить своих солдат необходимыми металлическими вещами, сделанными из алюминия. По предписанию Наполеона III известному французскому химику Сен-Клер-Девиллю были предоставлены почти неограниченные средства для отыскания способа получения алюминия в большом количестве. Сен-Клер-Девиль разработал новый, но весьма дорогой способ получения алюминия. Наполеону III пришлось ограничить свое желание изготовлением алюминиевых кирас только для небольшой группы кирасиров, составляющих личную охрану императора.

Хотя с течением времени способы получения алюминия совершенствовались, стоимость его все же была высокой. Он только в 2,5 раза был дешевле золота и по-прежнему играл роль ювелирного металла. В 1889 г. во время пребывания в Лондоне великого русского химика Д. И. Менделеева, ему, в знак признания заслуг в развитии химии, были преподнесены, в качестве особо ценного подарка, весы, сделанные из золота и алюминия.

И лишь через 30 лет после открытия алюминия два молодых человека, американский студент Чарльз Мартин Холл и французский инженер Эру, независимо друг от друга открыли один и тот же способ получения алюминия.

Новый способ заключался в разложении электрическим током окиси алюминия, предварительно расплавленной в криолите. Окись алюминия, или глинозем, входит в состав многих минералов и продуктов их разрушения. Из них наиболее распространенными являются полевые шпа-

¹ Луи Наполеон, провозгласивший себя в 1852 г. императором Франции под именем Наполеона III, был племянником Наполеона I.

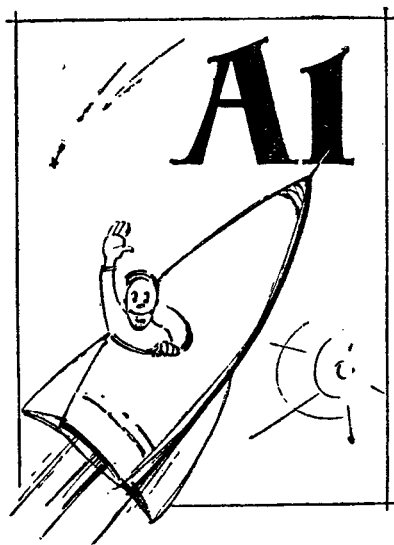
ты (альбит, анортит, бокситы, ортоклаз и др.), различные виды глин, чистейшая из которых — каолин. Криолит — сравнительно редкий минерал, состоит из фтористого алюминия и фтористого натрия.

Так как электролитический способ получения алюминия требовал большого количества энергии (на 1 тонну алюминия — 20 000 киловатт-часов), он мог найти распространение в местах, где находились дешевые источники электрического тока.

Таким источником являлась энергия воды горных рек. Вот почему в Европе первый завод электролитического алюминия был построен близ Рейнского водопада в Нейгаузене (Швейцария).

С этого момента слава алюминия как драгоценного металла меркнет. Он перестает быть предметом внимания капризной моды. И благодаря ценным свойствам — легкости, хорошей ковкости, способности прокатываться в листы, вытягиваться в проволоку, хорошо заполнять форму при отливке, стойкости к воздуху, воде и разбавленным органическим кислотам (уксусной, лимонной и др.) — начинает применяться в технике.

Царская Россия не имела заводов по производству алюминия, не были известны в ней и запасы сырья, годного для его получения. Алюминиевая промышленность в нашей стране была создана при Советской власти. Первенцем алюминиевой промышленности явился Волховский комбинат, давший 14 мая 1932 г. первые слитки советского алюминия. Вторым алюминиевым комбинатом был Днепропетровский (при Днепрогэсе), выдавший первую плавку алюминия 15 июля 1933 г. Производство алюминия на первенцах советской алюминиевой промышленности осуществлялось совершенными способами, разработанными на основе



электролитической теории выделения алюминия, созданной выдающимся химиком-технологом П. П. Федотьевым (1864—1934 г.).

Неисчерпаемые запасы энергии текущей воды многочисленных рек Советского Союза превращаются в электрический ток уже построенных электростанций. Богатейшие запасы природных соединений алюминия открывают безграничные возможности для получения чистого глинозема из глины, нефелина, низкокачественных бокситов (глинозем, загрязненный большим количеством песка и окислов железа), золы подмосковных углей.

В настоящее время алюминий нашел применение в самых разнообразных областях практической деятельности человека: от многочисленных предметов домашнего, хозяйственного обихода до художественных изделий и металлургических сплавов, идущих на изготовление деталей, целых машин. Наиболее важными сплавами алюминия являются дюралюминий (4% меди, 0,5% магния, 0,5% марганца), магналий (12% магния), силумин (10—14% кремния, 0,1% натрия).

Сказочные успехи авиационной промышленности не были бы возможными без алюминия и его сплавов. Алюминиевые изделия при равной прочности со стальными в 3 с лишним раза легче последних. Недаром алюминий называют «крылатым металлом». И кто бы мог думать, что «серебро из глины», как был назван алюминий на промышленной выставке в 1855 г., через 100 лет будет служить для создания самолетов, летающих со скоростью звука и даже быстрее.

Высокая теплопроводность алюминия (в 3 раза больше, чем у железа) используется в технике при постройке теплообменных аппаратов. Способность чистой алюминиевой поверхности равномерно отражать до 90% падающих на нее лучей (в том числе инфракрасных и ультрафиолетовых) используется для изготовления высококачественных алюминиевых зеркал на стеклянной основе.

Широко применяется алюминий для алитирования, заключающегося в насыщении поверхности изделий из стали или чугуна металлическим алюминием. Алитирование придает поверхности жаропрочность и устойчивость против коррозии.

Тончайший порошок алюминия применяется для составления горючих и взрывчатых смесей, для изготовления серебристой краски, состоящей из мельчайших чешуек алюминия, весьма устойчивой против атмосферных воздействий. Грубозернистый порошок алюминия используется в алюминотермии. Алюминотермией называется (открытый в 1859 г.) способ восстановления металлов из их окисей порошкообразным алюминием. Алюминотермию часто используют для получения высоких температур при сваривании металлических деталей. Исходная в этом случае смесь — «термит» — состоит из смеси порошков алюминия и окислов железа. Подоженная с помощью специального запала, она нагревается при горении до 3500°.

В электротехнической промышленности алюминий успешно конкурирует с медью. Меньшая электропроводность алюминия (60% от электропроводности меди) компенсируется его легкостью. За счет увеличения сечения алюминиевых проводов достигается при меньшем весе та же электропроводность, что и у медных.

При 100—150° алюминий настолько пластичен, что из него может быть получена фольга тоньше 0,01 миллиметра. Подобная фольга широко применяется для изготовления электрических конденсаторов и завертывания некоторых продуктов.

Интересно применение алюминия для выпрямления переменного тока. Выпрямитель состоит из алюминиевого и свинцового (или железного) электродов, погруженных в раствор буры. Подобная система пропускает через себя ток только в одном направлении и выдерживает напряжение до 40 вольт.

Окисная пленка на алюминии обладает способностью «вентильного эффекта» — проводить ток в одном направлении. Такие пленки используют в качестве выпрямителей. За последние годы в стране построен ряд заводов ячеистого бетона. Для образования пор в бетонной массе к ней добавляют алюминиевый порошок, который при взаимодействии с гашеной известью выделяет водород.

В состав известных всем точильных камней входит окись алюминия, или глинозем. Природный минерал, содержащий окись алюминия, называется корундом. Обычно загрязненный окисью железа природный корунд вследствие своей очень большой твердости применяется для из-

готовления шлифовальных кругов, брусков и т. п. В мелко раздробленном виде он под названием наждака служит для очистки металлических поверхностей и для изготовления наждачной бумаги. Для тех же целей часто пользуются окисью алюминия, полученной оплавлением боксита (техническое название — алунд).

До 45% окиси алюминия входит в состав шамота — самого распространенного огнеупорного материала. Шамотный кирпич идет на кладку печей, обмуровку паровых котлов и т. д.

Таков далеко не полный список применения алюминия, который с постройкой Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций станет одним из самых дешевых и самых распространенных металлов в народном хозяйстве нашей страны.

Из алюминиевых сплавов изготавливаются различные крепления, кронштейны, шасси для инструментов и приборов, футляры и корпуса ответственной аппаратуры. На глазах современников уходит век железа, его заменяет век алюминия. Оправдывается гениальное предвидение Н. Г. Чернышевского, который назвал алюминий «металлом социализма». В романе «Что делать?», описывая громадные дома с массой света и воздуха, один из персонажей романа сообщает: «...они потому из алюминия, ... что здесь ведь очень тепло, белое меньше нагревается на солнце». Напомним читателю о том, что роман был написан в тюрьме (14 декабря 1862 г. — 4 апреля 1863 г.) и сразу же опубликован. В то время алюминий считали драгоценным металлом!

ОСНОВА НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ

14. Кремний — Silicium (Si)

Третьим элементом, наиболее распространенным в природе, является кремний. Название этого элемента произошло от латинского «ляпис креманс», что значит — камень, дающий огонь. Так назывался твердый камень, дававший при ударе искру и долгое время служивший человеку вместо спичек для получения огня. После изобретения огнестрельного оружия кремнь использовали для зажигания пороха в кремневых ружьях и пистолетах.

«Камень, дающий огонь», или кремён¹, как обычно

называют его, — одно из многочисленных соединений кремния, часто входящее в состав большинства горных пород.

Это песок морских берегов, рек, бескрайних пустынь, мощные отложения глин, песчаники и сланцы, граниты и гнейсы, горные хребты и земная кора на глубину до 20 км состоит, главным образом, из соединений кремния. На долю кремния приходится около 17% от общего числа атомов земной коры, или 30% от ее веса. И не случайно академик А. Е. Ферсман назвал кремний основой земной коры.

Кремний содержится во всех растениях. Особенно много его в хвощах и бамбуке. В животных организмах его мало, например, в организме человека менее 0,01% по весу.

Самым распространенным в природе соединением кремния является кремнезем, или кварц.

Чистая и прозрачная разновидность кварца, называемая горным хрусталем, была известна уже древним грекам. Они считали горный хрусталь льдом, так сильно замерзшим, что он навсегда утратил способность таять. Греки называли горный хрусталь кристаллом — «кристаллос», что значило лед. Впоследствии это слово вошло в минералогию и, получив широкое распространение, стало употребляться для обозначения твердых тел, имеющих форму правильных многогранников.

Кроме горного хрусталя, кристаллы которого достигают иной раз огромной величины (нескольких метров),



¹ Кремёнъ по-латыни «силекс», от этого слова происходит научное название элемента — силициум.

кварц встречается в природе в виде окрашенных соединений. Среди них чистые и прозрачные разновидности, окрашенные в фиолетовый (аметисты) и в лимонно-желтый цвет (цитрины), относятся к числу полудрагоценных самоцветов. Общее число разновидностей кварца достигает двухсот, количество природных соединений, содержащих кварц, измеряется многими сотнями.

В периодической системе Менделеева кремний является одним из немногих элементов, соединения которого служат человеку очень давно, постоянно и чрезвычайно разнообразно.

Первым соединением кремния, с которым первобытный человек «выходил в люди», был уже упоминавшийся кремнь — твердый камень. Используя способность кремня раскалываться на длинные прочные пластинки, первобытный человек, терпеливо отбивая от них осколки ударами другого камня, изготавливал ножи для обработки шкур, острия для копий, наконечники для стрел.

Но до того, как кусок кремния, подобранный с земли первобытным дикарем, превратился с помощью его рук в каменный скребок или нож, прошел огромный период времени, в сравнении с которым известный нам исторический период является таким же малым, как жизнь одного человека в сравнении с этим историческим периодом.

Кремнь в культуре человечества сыграл огромную роль. Первобытный дикарь «набил» на обработке кремня свои руки, которые стали, таким образом, не только органом труда, но и его продуктом. Был сделан, как указывал Ф. Энгельс, решительный шаг: рука стала свободной и могла дальше совершенствоваться в ловкости и мастерстве. «...Только благодаря труду, благодаря приспособлению ко всем новым операциям... человеческая рука достигла той высокой ступени совершенства, на которой она смогла, как бы силой волшебства, вызвать к жизни картины Рафаэля, статуи Торвальдсена, музыку Паганини»¹.

Если в доисторический период важная роль принадлежала кремнию, то с первых дней исторического времени и до сих пор не менее важную роль в практической деятельности человека играет кварц. Кварц служит основным материалом для изготовления стекла. В популярных книгах и брошюрах, касающихся вопросов происхождения

¹ Ф. Э н г е л ь с. Диалектика природы, М., 1934, стр. 51.

стекла, очень часто приводится рассказ римского ученого Плиния Старшего о случайном открытии стекла финикийскими купцами-мореплавателями. Застигнутые сильной бурей, они были вынуждены переждать ее в небольшой бухте. Не найдя на ее песчаных берегах каких-либо камней для очага, чтобы сварить пищу, они воспользовались глыбами соды, которой был нагружен корабль. Утром один из моряков, разгребая тлеющие остатки костра, вышел в золе водянисто-блестящие, твердые слитки, непохожие ни на одно известное в то время вещество. Это, по утверждению Плиния, и было стекло, получившееся в результате сплавления соды с морским песком.

В двадцатом веке рассказ, о котором сообщил Плиний, погибший при извержении Везувия в 79 г., был проверен специалистами-стекловарами. На песчаном морском берегу из кусков соды они сложили очаг. В нем всю ночь пылало пламя. Однако опыт не увенчался успехом. Утром, когда пламя очага угасло, слитков стекла в золе не нашли. Очевидно температура, которую дает пламя костра, недостаточна для того, чтобы сода могла сплавиться с песком и превратиться в стекло.

Сейчас невозможно точно сказать, кто и когда изобрел стекло, так же как невозможно указать, кто и когда впервые обжёл горшок, слепленный из глины. Известно лишь, что стекло является одним из древнейших изобретений человечества. Так ожерелье, найденное на шее мумии египетской царицы Хатшепсут, состоящее из зеленовато-черных стеклянных бусин, насчитывает 3400 лет. Еще старше возраст стеклянной бусины из могилы города Фив, насчитывающей пять с половиной тысяч лет.

Высокого совершенства в стеклоделе достигли мастера древнего Рима. О большом искусстве получения цветных стекол свидетельствует мозаичный пол с изображением цепной собаки. Эта мозаика была обнаружена в одном из домов при раскопках Помпеи. Еще более оригинальна мозаика в вилле римского императора Адриана, известная в искусстве под названием «Неподметенный пол». Выложенная на полу столовой, она изображает его неподметенным: на полу разбросаны кости от съеденной дичи, хлебные крошки, различный мусор, который кажется совершенно недопустимым в большом и чистом помещении.

Римские стеклоделы были также большими мастерами производства различных изделий из стекла. Они делали

кувшины для воды, масла и вина; чашки и кубки, вазы; специальные сосуды, так называемые труллы, служившие для омовения рук; слезницы — крошечные флакончики для духов. Некоторые из таких предметов дошли до наших дней; они бережно хранятся в музеях крупнейших городов Западной Европы. Среди образцов подлинного искусства особого упоминания заслуживает ваза Аюджио из дома богача Мелегера в Помпее. Это красивейший сосуд из темно-синего стекла, украшенный венком из винограда и плюща, сделанным из молочно-белого стекла. Подобным шедевром является и ваза, найденная в гробнице римского императора Александра Севера, из темно-голубого стекла, украшенная резными рисунками, изображающими греческий миф о Язоне и волшебнице Медее¹.

Изучение состава древнерусских стекол домонгольского времени показывает замечательную самобытность русских мастеров, сумевших создать совершенно оригинальную, лишенную подражания рецептуру. Наиболее типичным для древнерусского самобытного стеклоделия является свинцово-кремнеземные, калиево-свинцово-кремнеземные стекла. Из них древнерусские умельцы изготовляли бусы, браслеты, мозаику, посуду, оконные стекла. Свинцово-кремнеземные стекла были обнаружены также в Польше. В других странах стекла такого состава еще не найдены.

Одно из самых древних изобретений — стекло — приобрело в жизни человека огромное значение. Стекло видно всюду, оно на каждом шагу — в повседневности нашего быта, в промышленности, в технике, в науке, в произведениях искусств. Оконное, бутылочное, ламповое, зеркальное стекло; стекло домашних, хозяйственной, лабораторной посуды и аппаратов; стекло оптическое — от стекол очков до сложных анастигматов фотокамер; линзы бесчисленных оптических приборов — от микроскопов, открывающих огромный, но для простого глаза невидимый мир, до телескопов, уносящих нас в бесконечные просторы мироздания. Трудно перечислить все области применения стекла и невозможно сочетать различные предметы, сделанные из него.

Неслучайно еще в 1752 г. основоположник научной

¹ В греческой мифологии Язон — предводитель аргонавтов. Медея — дочь царя Колхиды, возлюбленная Язона, помогла добыть ему золотое руно.

химии М. В. Ломоносов, готовясь к открытию стекольного завода, в письме, написанном на имя И. И. Шувалова, в стихотворной форме о пользе стекла, заканчивая перечисление предметов, изготовляемых из стекла, подчеркивает его достоинства словами:

«Далече до конца Стеклу достойных хвал,
На кои целый год едва бы мне достал».

Этими строками гениальный русский ученый двести с лишним лет тому назад замечательно определил значение стекла.

Большой вклад в развитие художественного стеклоделия в России был внесен Ломоносовым. В созданной им в 1748 г. химической лаборатории было проведено около 4000 опытов по варке цветного стекла, для которых Ломоносов «не токмо рецепты сочинял, но и материалы... своими руками по большей части развешивал и в печь ставил...».

На основе рецептов, разработанных Ломоносовым, стекольный завод, также созданный его усилиями в Усть-Рудице в 1753 г., начал изготавливать стекло: «разноцветное прозрачное для выделки бисера, стекляруса, посуды и прочих «галантерейных изделий»; и непрозрачное, так называемая смальта, для мозаики». Из смальты Ломоносов выполнил несколько мозаичных картин, среди которых «Полтавская баталия» получила наибольшую известность и сохранилась до наших дней.

Успехи современной химии в области изучения свойств стекла сделали его материалом, из которого изготавливаются несгораемые ткани, театральные занавесы, декорации, ковры, изоляционные ленты, вата, войлок и многие другие предметы быта и техники.

Ценные свойства кварца (прозрачность к ультрафиолетовым лучам, малый коэффициент расширения, химическая инертность, тугоплавкость и др.) обеспечили ему широкое применение в различных областях науки и техники.

Тончайшие, исключительно прочные, нити, получаемые из кварца, расплавленного в пламени гремучего газа, применяются в точных электроизмерительных приборах и инструментах для подвешивания деталей (стрелок, указателей, рычагов и т. д.). Из тугоплавкого кварцевого стекла изготавливают термометры для измерения высоких температур. Малый коэффициент расширения позволяет употреблять кварц для изготовления сосудов, трубок, лабораторной посуды и разнообразной химической аппара-

ратуры, применяемой в условиях резких колебаний температуры. Оптические свойства кварца обеспечивают его применение в производстве всевозможных оптических приборов, в изготовлении ламп «горного солнца», в устройстве закрытых соляриев и т. д.

Есть еще много других минералов, содержащих соединения кремния, которые также находят разнообразное применение в технике. Одни из них — за прочность и красивый вид (гранит, порфир, лабрадор и др.) используются как строительный и отделочный материалы; другие, обладая исключительной твердостью, применяются в качестве так называемых «точных камней» в разнообразных измерительных приборах, от часовых механизмов до аналитических весов и аппаратов специального назначения; третьи — цементы, обладая способностью в смеси с другими веществами связывать воедино щебень, камни, кирпичи, широко применяются в строительстве; четвертые — за безукоризненную прозрачность, чистоту и блеск ценятся как самоцветы и, наконец, пятые, обладающие пестрой, яркой, необычной окраской (яшмы, нефрит, халцедоны), употребляются в художественных изделиях, которые украшают дворцы и музеи.

! Важнейшее соединение кремния — кремнезем — необходим для жизни растений и животных. В растениях кремнезем накапливается в стеблях, что значительно повышает их механическую прочность. Как бы ни сильны были порывы бури и удары водяных струй грозового ливня тонкие колосья хлебных злаков выдерживают их, гнутся иной раз до самой земли, но не ломаются. ! Кремнезем входит в состав не только крупных растений, но и мельчайших из них — диатомовых водорослей. ! Кремний нужен и животным. ! Птицы без кремнезема не создают прочных скорлупок яиц. Некоторые виды губок строят опорные образования своего тела также из кремнезема. Нежные комочки живой материи, известные под названием радиолярий, создают непревзойденные по своей красоте микроскопические скелеты из кремнезема. ! Кремнезем есть и в организме человека. Больше всего содержится кремнезема в стекловидном теле глаза, где количество его достигает до 0,06% по весу. Однако биологическая роль кремнезема в человеческом организме до сих пор еще недостаточно ясна

Кремний — это мелкий бурый порошок или серые, твер

дые, но довольно хрупкие кристаллы (уд. вес 2,4). В кристаллическом состоянии кремний хорошо проводит тепло, обладает металлическим блеском. Однако электропроводность, столь характерная для металлов, у кремния весьма мала и составляет 0,001 электропроводности ртути.

Кремний тугоплавок (он плавится при 1415°), кипит же при 2360° . При комнатной температуре кремний инертен, но при нагревании выше 500° становится реакционноспособным и соединяется с кислородом, серой, хлором, бромом и другими элементами. Хорошо растворяясь в расплавленных металлах, кремний образует с некоторыми из них (железом, медью, платиной и др.) силициды.

В технике применяют сплав кремния с железом — ферросилиций. Ферросилиций непосредственно используется для изготовления кислотоупорных изделий. В металлургии ферросилиций применяется для введения кремния в различные сорта специальных сталей.

Новейшие достижения химии по получению чистейшего кремния открывают широкую дорогу в области полупроводниковой техники. Создание кремниевых выпрямителей следует рассматривать одним из величайших достижений современной науки. С помощью кремния, в некоторой мере, была осуществлена мечта о непосредственном преобразовании солнечной энергии в электрическую. Третий искусственный спутник Земли получал электричество от солнечной кремниевой батареи. Она не только обеспечивала энергией всю аппаратуру спутника, но и заряжала его аккумуляторы, вступавшие в строй при переходе спутника в область земной тени. Успехи химии высокомолекулярных соединений ввели в круг интересов химиков-синтетиков и кремний.

Способность кремния соединяться с кислородом, образуя цепные структуры (так называемые силоксановые группировки), дает возможность получать большое число различных соединений. Среди них — смазочные масла, сохраняющие присущие им свойства в интервале температур от -60° до $+200^{\circ}$; антипенные жидкости, предупреждающие вскипание смазочных масел в механизмах; соединения, обладающие водоотталкивающими свойствами; изоляционные материалы; пластмассы и многие другие вещества.

В свободном состоянии кремний был получен французскими учеными Гей-Люссаком и Тенаром в 1811 г., однако истинную природу кремния установил спустя 14 лет шведский химик Я. Берцелиус.

Оригинальным путем (реакцией цинка с хлористым соединением кремния) свободный кремний был получен в 1865 г. русским ученым Н. Н. Бекетовым.

СВЕТОНОСЕЦ

15. Фосфор — Phosphorus (P)

В темной комнате или ночью на улице попробуйте сделать такой простой опыт. Не очень сильно, так чтобы не загорелась спичка, чиркните ею по терке на спичечной коробке. Вы заметите, что некоторое время на терке будет виден светящийся путь от спички. Это светится белый фосфор. Но каждый, кто помнит уроки химии средней школы, может сказать: «Позвольте, в производстве спичек применяется красный, а не белый фосфор». Правильно! В терке спичечной коробки белого фосфора нет, есть красный, который в результате реакции, происходящей между красным фосфором, находящимся на поверхности спичечной коробки, и бертолетовой солью, заключенной в спичечной головке, переходит в белый.

Фосфор может существовать в нескольких формах, или, как говорят, в нескольких модификациях.

Белый фосфор — твердое кристаллическое вещество, причем в химически чистом виде кристаллы белого фосфора совершенно бесцветны, прозрачны и очень хорошо преломляют свет. На свету они быстро желтеют и утрачивают прозрачность. Поэтому в обычных условиях фосфор внешне очень похож на воск, но тяжелее его (уд. вес белого фосфора 1,84). На холоду фосфор хрупок, но при комнатной температуре сравнительно мягок и легко режется ножом. При 44° белый фосфор плавится, а при $280,5^{\circ}$ — кипит. Белый фосфор, окисляясь кислородом воздуха, светится в темноте и легко воспламеняется при слабом нагревании, например от трения.

Температура воспламенения совершенно сухого и чистого фосфора близка к температуре человеческого тела. Поэтому его хранят только под водой. В первую мировую войну белый фосфор использовался в качестве зажига-

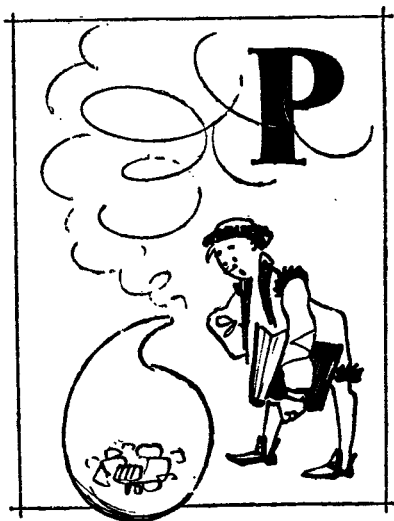
тельного материала в артиллерийских снарядах, авиационных бомбах, гранатах, пулях.

Окисление фосфора на воздухе с выделением световой энергии явилось темой для возникновения многочисленных правдоподобных, иногда просто фантастических историй. Вот, например, отрывок одной из них: «Да! Это была собака, огромная, черная, как смоль. Но такой собаки еще никто из нас, смертных, не видел. Из ее отверстой

пасти вырывалось пламя, глаза метали искры, по морде и загривку переливался мерцающий огонь. Ни в чьем воспаленном мозгу не могло бы возникнуть видение более страшное, более омерзительное, чем это адское существо, выскокившее на нас из тумана». Так описывает Конан-Дойль встречу с необыкновенной собакой на болоте в повести «Собака Баскервилей». Далее автор дает описание убитой собаки: «...страшный пес, величиной с молодую львицу. Его огромная пасть все еще светилась голубоватым пламенем, глубоко сидящие дикие глаза были обведены огненными кругами. Я дотронулся до этой светящейся головы и, отняв руку, увидел, что мои пальцы тоже засветились в темноте.

Фосфор, — сказал я».

Эта история неправдоподобна. Дело в том, что шерсть собаки могла бы светиться при наличии на ней частиц фосфора. Но фосфор — твердое вещество, и чтобы распылить его на шерсти или на каком-либо ином материале, существует только один способ: смазывание летучей жидкостью, содержащей в себе фосфор в растворенном виде. При испарении такой жидкости (хлороформ, сероуглерод) фосфор выделится в виде тончайшего порошка. Однако мелко распыленный фосфор на воздухе так энергично окисляется,



что выделяющесся тепло воспламеняет его, так что нанести фосфор на шерсть собаки нельзя.

Живой организм, помимо ожога, может и отравиться, так как фосфор — один из сильнейших ядов. Одна десятая доля грамма фосфора уже смертельна для человека. С другой стороны, фосфор — составная часть животного организма, без него животные и человек существовать не могут. Недостаток фосфора в организме вызывает задержку роста, слабость, прогрессивное исхудание и смерть. Прибавление же к пище растущих животных незначительных количеств фосфора (0,00015 г в день) ведет к улучшению аппетита, увеличению веса, числа красных кровяных клеток, росту и уплотнению костей. Основная масса фосфора в организмах животных и человека содержится в костях. Соединения фосфора входят также в состав мозга, нервов, крови. Общее количество фосфора в организме человека достигает 500 граммов. Этим количеством свободного фосфора могут смертельно отравиться 5000 человек, и это же количество фосфора необходимо для нормального существования одного человека. Фосфор содержится не только в тканях, крови, костях нашего организма, он входит и в состав экскрементов. Фосфор и был впервые получен из... мочи.

В поисках эликсира молодости и попытках получения золота алхимик XVII столетия Геннинг Бранд из Гамбурга пытался изготовить «философский камень» из мочи. Для этой цели он выпарил большое количество ее, и полученный после упаривания сиропообразный остаток подверг сильному прокаливанию в смеси с песком и древесным углем без доступа воздуха.

В результате Бранд получил вещество, обладающее чудесными свойствами: оно светилось в темноте; брошенное в кипящую воду, выделяло пары, загоравшиеся на воздухе с выделением густого белого дыма, растворявшегося в воде с образованием кислоты.

Интерес к новому веществу был огромный, и Бранд надеялся извлечь из своего открытия изрядную прибыль: недаром он был в прошлом гамбургским купцом. Сохраняя способ изготовления в строжайшей тайне, Бранд показывал новое вещество за деньги, а желающим продавал его небольшими порциями только за чистое золото. Спустя некоторое время Бранд продал также и секрет изготовления фосфора дрезденскому химику Крафту, который,

подобно Бранду, стал ездить по дворцам влиятельных особ, показывая фосфор за деньги, наживая огромное состояние. В частности, принося опыты при дворе герцога Иоганна Фридриха в Ганновере, Крафт обратил внимание на фосфор известного немецкого философа и математика Лейбница, служившего тогда при дворе герцога в должности библиотекаря. Согласно свидетельству Лейбница, немецкий химик, профессор Виттенбергского университета Иоганн Кункель узнал через Крафта рецепт изготовления фосфора и после ряда неудач, видоизменив способ Бранда, сумел получить фосфор, заявив претензию на самостоятельность открытия. Каспар Кирхмейер, тоже профессор Виттенбергского университета, получив от Кункеля сведения о новом способе получения фосфора, опубликовал статью под длинным и интригующим названием: «Постоянный ночной светильник, иногда сверкающий, который долго искали, ныне найденный». В этой статье впервые сообщались некоторые свойства и особенности фосфора. Независимо от Бранда, Кункеля и Кирхмейера в Англии в 1680 г. фосфор был получен Бойлем. Бойль посвятил в открытие своего ассистента Гауквица, который, как и его предшественники, старался из этого извлечь для себя выгоду. Однако это в полной мере удалось осуществить Гауквицу после смерти Бойля. Развернув производство фосфора в коммерческом масштабе, Гауквиц нажил огромное состояние на продаже фосфора отдельным ученым и научным учреждениям Европы. В 1743 г. химик А. Марграф нашел более совершенный способ получения фосфора и опубликовал свои данные для всеобщего сведения. Открывшаяся возможность каждому желающему приготовить «собственный» фосфор, свела на нет «фосфорную спекуляцию».

Фосфор стал объектом интереса только узкого круга химиков и ученых. За способность светиться в темноте фосфор и получил свое название, составленное из двух греческих слов: «фос» — свет и «ферио» — несу. Буквально «фосфор» — светоносец. Некоторые русские химики предлагали ввести в науку чисто русские названия для фосфора, вроде «светлец», «самосвет» и др., но эти «имена» не получили распространения.

После открытия фосфора его способность светиться в темноте была вновь использована; но для других целей. На этот раз фосфором стали промышленно представлять

религиозных культов. Рецепты использования фосфора были самые разнообразные. Например, в расплавленный, но уже загустевший воск или парафин добавляли небольшое количество белого фосфора. Из полученной смеси формовали карандаши, которыми делали надписи на стенах храмов и иконах. Ночью были видны «таинственные надписи». Фосфор, медленно окисляясь, светился, а парафин, защищая его от быстрого окисления, увеличивал продолжительность явления. Растворяли белый фосфор в бензоле или сероуглероде. Полученным раствором смачивали фитили свечей или лампад. После испарения растворителя белый фосфор загорался, а от него воспламенялся фитиль. Так фабриковалось «чудо», именуемое «самовоспламенением свечей».

Фосфор в природе в свободном состоянии не встречается. Однако, относясь к числу широко распространенных элементов (на долю фосфора приходится 0,04% от общего числа атомов земной коры), он образует скопления минералов — фосфорита и апатита. В 1926 г. академик А. Е. Ферсман и Л. Н. Лабунцов открыли на Кольском полуострове богатейшие месторождения апатита. Разработка этих месторождений началась по инициативе С. М. Кирова. Фосфор необходим для жизни растений. Апатиты, найденные на Кольском полуострове, представляют собой неисчерпаемые запасы сырья для производства фосфорных удобрений.

Некоторые соединения фосфора — фитин, глицерофосфат и др. используются в медицине как лекарства, укрепляющие нервную, мышечную и костную системы.

Основным потребителем фосфора является спичечная промышленность. Спички — сравнительно «молодое» изобретение. Недавно ему исполнилось 150 лет. Кремень, огниво и трут, изготовлявшийся из особого вида гриба, применялись еще в начале XIX в. Впервые спички появились в 1805 г., когда Шансель предложил свое изобретение. Спички Шанселя представляли собой маленькие сухие лучинки, один конец которых был покрыт смесью бертолетовой соли и гуммиарабика. Спички зажигались путем погружения спичечной головки в пузырек, содержащий асбест, смоченный серной кислотой. Спички Шанселя усовершенствовал Джонс из Лондона. В новых спичках головка состояла из крохотного стеклянного пузырька с

капель серной кислоты, обмазанного смесью бертолетовой соли, сахара и клея. К спичкам прилагались щипцы-пинцет, с помощью которого раздавливался пузырек-головка. Сама «спичка» состояла из легко воспламенявшегося картона. Под названием «дьявольских», спички Джонса были предметом роскоши у состоятельных особ и светских щеголей.

Аптекарь Вокер в Англии в 1826 г. изобрел спички, головки которых содержали смесь бертолетовой соли, сернистой сурьмы и клея. Для зажигания таких спичек прилагалась стеклянная шкурка. При трении головки о шкурку спичка воспламенялась. Французский студент Шарль Сория, воспользовавшись идеей аптекаря Вокера (зажигание путем трения), заменил состав смеси белым фосфором. Для зажигания таких спичек достаточно было энергично «чиркнуть» о любую твердую поверхность. При этом часто использовали для этой цели подошвы ботинок. Большая огнеопасность и ядовитость белого фосфора делали спички Сория малопрактичными. Они часто являлись причиной то пожаров, то умышленных отравлений. Постепенное совершенствование фосфорных спичек привело к изобретению в Швеции «безопасных» спичек. Новые спички под названием «безопасных», или «шведских», получили широкое распространение в быту. В головке шведских спичек нет белого фосфора. Красный фосфор нанесен на бумагу, приклеенную к спичечной коробке.

Красный фосфор в противоположность белому, или желтому, как его иногда называют, не ядовит, на воздухе не окисляется, в темноте не светится, в сероуглероде не растворяется и загорается только при 260° . Красный фосфор получается из белого путем длительного нагревания его без доступа воздуха при $250\text{--}300^{\circ}$.

В результате облучения алюминия альфа-частицами был получен радиоактивный изотоп фосфора (P^{30}). Радиофосфор явился первым искусственно созданным «радиоэлементом». Радиоактивные элементы успешно применяются в различных областях науки и техники как чувствительные индикаторы при разнообразных исследованиях.

Фосфор является нежелательной примесью в металлических сплавах (фосфор делает их ломкими). Однако его добавляют в некоторые сплавы для заполнения отливаемой формы. Дело в том, что фосфор сообщает сплаву жид-

котекучесть и способность хорошо заполнять самую сложную форму.

Статуи, художественные решетки и ограды, барельефы, некоторые украшения в метрополитене отлиты из фосфористой бронзы или фосфористого чугуна. Знаменитое художественное литье каслинских мастеров (Урал) готовится также из фосфористого чугуна. Правда, металл, содержащий фосфор, не очень прочен, он хрупок, но его вполне можно применять в художественных изделиях.

Одним из интересных соединений фосфора является газообразный фосфористый водород, особенность которого состоит в том, что он легко воспламеняется на воздухе. Его поджигает жидкий фосфористый водород, который, образуясь обычно вместе с газообразным, в отличие от последнего самовоспламеняется на воздухе. На этом свойстве фосфористого водорода основано появление болотных, блуждающих или могильных огней. Огни на болотах и свежих могилах действительно бывают. Это не фантазия и не выдумка. В теплые темные ночи на свежих могилах иногда наблюдаются бледно-голубоватые, слабо мерцающие огоньки. Это «горит» фосфористый водород. Образуется фосфористый водород при гниении отмерших растительных и животных организмов. Для того чтобы была понятна сущность «таинственных» блуждающих огней на болотах и свежих могилах, добавим несколько слов к сказанному выше. Фосфорные соединения, входящие в состав трупов животных и человека, под действием грунтовых вод разлагаются с образованием фосфористого водорода. При рыхлой насыпи над могилой или небольшом слое воды в болоте газ, выйдя на поверхность, самовоспламеняется от паров жидкого фосфористого водорода. Таким образом, огни на могилах и болотах — не «чудо», не следы таинственных духов, не приведения, не признак святости или греховности умершего, а результат химической реакции. Исследованием блуждающих огней занимались многие ученые. Их наблюдал известный немецкий астроном Фридрих Вильгельм Бессель. Их изучали киевский профессор Кнорре, австрийский исследователь Лист и другие. И не случайно мы задержали внимание читателя на блуждающих огнях. Слишком много легенд, предрассудков, грубого суеверия связывалось в прошлом, а кое-где и в настоящем, с появлением огней над болотами и на кладбищах.

ЖЕЛЧЬ БОГА ВУЛКАНА

16. Сера — Sulfur (S)

Сера известна человеку со времен глубокой древности. Легендарный древнегреческий поэт Гомер, живший между XII и VIII вв. до нашей эры, автор эпических поэм «Иллиада» и «Одиссея», указывает, что сера употреблялась для курений при религиозных обрядах. Диоскорид, греческий врач из Киликии, в своей книге о лекарственных средствах, относящейся к 50 году нашей эры, упоминает о двух сортах серы. Они употреблялись в качестве лечебного средства: «нежженная», т. е. самородная, и «жженная», или выплавленная, сера.

Сера входит в состав знаменитого в истории древнего мира, греческого огня. Секретом его изготовления владели греческие цари в течение четырех веков.

В 941 году под стенами Царьграда был уничтожен флот киевского князя Игоря. «Повесть временных лет» — летописный свод событий, составленный в Киеве, словами очевидцев так заканчивал описание похода Игоря: «Словно молнию... которая на небе, Греки имеют у себя и пускали ее, сжигая нас, поэтому мы и не одолели их».

Встречаясь в виде серных жил в трещинах земли вулканических местностей (в Италии, на о. Милосе, в Греции и др.), а также внутри кратеров вулканов, сера издавна считалась продуктом деятельности подземного бога Вулкана. Красивое сине-голубое пламя серы, удушливый запах вблизи огнедышащих гор укрепляли представление о божественном происхождении серы. В представлении древних натуралистов, особенно алхимиков, сера играет особую роль. Мысль, высказанная в VIII веке арабским алхимиком и врачом Джабир-ибн-Хайяном (Гебером), о том, что все металлы состоят из серы и ртути, сделалась основным принципом алхимического «учения» о металлах. Формула: «Все металлы состоят из ртути и серы в изменчивых количествах» теоретически обосновывала возможность превращения неблагородных металлов в золото. По мысли алхимиков, оно состояло из самой чистой ртути, смешанной с небольшим количеством самой чистой серы. Алхимики думали, что путем простого изменения соотношения между серой и ртутью и очищения их, любой

металл может быть превращен в золото. Отысканию способа таких превращений было посвящено 12 веков!

О древнейшем знакомстве человека с серой свидетельствует и происхождение ее названия, заимствованного от санскритского¹ слова «сира», что значит светло-желтый. Химический знак — от латинского «сульфур» — сера.

Сера относится к весьма распространенным элементам. В земной коре содержание серы достигает 0,03%. Сера встречается в самородном состоянии в Америке (штат Луизиана, США), в Италии (Сицилия), в Японии. В СССР месторождения серы были открыты в Каракумской пустыне. Есть сера на Кавказе, Урале, в Поволжье. Особенно широко распространена сера в виде многочисленных и разнообразных соединений с металлами (минералы — колчеданы, обманки, блески), а также в виде солей (ангидрит, астраханит, вантгоффит, гипс, кругит, леонит и др.). На холоду сера взаимодействует только с фтором, при нагревании легко реагирует с водородом, кислородом и со всеми металлами, исключая золото и платину. Жерла действующих вулканов часто окаймлены скоплениями алунита. Некоторые астрономы полагают, что белые ореолы и светлые лучи, которые так хорошо видны на диске Луны вокруг кратеров лунных гор, состоят из алунита. Замечательная устойчивость серы к воде и воздуху находит применение в скреплении металлов с камнем. Сера входит в состав белков. При анализе различных белков количество серы, в пересчете на сухое вещество, колеблется от 0,3 до 2,5 процентов. Большое количество серы находится в белках покровных тканей, из которых образованы копыта, ногти, волосы, перья. Сера входит в состав некоторых гормонов (например, в инсулине), витаминов и ряда других органических соединений, играющих большую роль в обмене веществ.

✓ Сейчас трудно перечислить отрасли техники и промышленности, где бы можно было обойтись без серы. Большое количество серы расходуется в производствах дымного (охотничьего) пороха. Сера входит в состав спичечной зажигательной массы. Она широко используется в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и болезнями виноградников, хлопчатника и других растений. В мелко раздробленном состоянии очищенная сера применяется в

¹ Санскрит — древний язык Индии.

медицине при энтеробиозе (заражение острицами), при лечении кожных заболеваний, в психиатрии для пирогенной (температурной) терапии.

Сера — незаменимый материал в производстве резины.

Ценнейшие свойства каучука — упругость, эластичность — могут сохраняться в узком интервале температуры. Летом, в жару, изделия из каучука размягчаются и липнут. Зимой, в мороз, становятся хрупкими и ломкими.

Было установлено, что каучук, соединяясь с серой при нагревании, дает резину (от французского слова — древесная смола). Жара и мороз ей не страшны. Процесс получения резины называется вулканизацией (от латинского «вулканус» — огонь).

В больших масштабах сера применяется для получения многочисленных производных — сероуглерода, сульфитной целлюлозы, фармацевтических препаратов, некоторых сортов синтетических каучуков, серной кислоты.

Важнейшим производным серы является серная кислота, которую получают при взаимодействии серного ангидрида с водой. В свою очередь серный ангидрид получают из сернистого газа. Сернистый газ под именем «паров горячей серы» известен со времен Гомера. Однако собрать эти «пары» в сосуд в чистом виде удалось спустя несколько столетий после Гомера англичанину Пристли. Он сделал это с помощью изобретенной им ртутной ванны. Сернистый газ хорошо растворяется в воде (1 объем воды при 0° растворяет 80 объемов газа). Сернистый газ бесцветен, ядовит, обладает резким запахом. Жертвой сернистого газа сделался знаменитый естествоиспытатель античного мира Плиний Старший. Он задохнулся в его атмосфере при извержении Везувия в 79 году. Сернистый газ является



одним из наиболее часто встречающихся газообразных продуктов вулканических извержений. Среди действующих вулканов больше всего сернистого газа выбрасывает самый высокий и наиболее трудно доступный вулкан Камчатки — Ключевская сопка. Сернистый газ встречается и на давно потухших вулканах. Например, по свидетельству альпинистов, запах сернистого газа ощущается на северном склоне Эльбруса — высочайшего потухшего вулкана Европы.

Сернистый газ соединяет в себе свойства окислителя и восстановителя. Обладая способностью обесцвечивать в присутствии влаги органические краски, сернистый газ применяется в текстильной промышленности для отбеливания шерсти и шелка. В некоторых случаях реакция отбеливания является обратимой и окраска с течением времени возобновляется. Этим объясняется восстановление цвета соломенных шляп, отбеленных сернистым газом. От солнечных лучей и сухого воздуха они приобретают свою прежнюю грязно-желтую окраску.

В медицинской и ветеринарной практике сернистый газ употребляется как превосходное дезинфицирующее средство. В бумажно-целлюлозной промышленности сернистый газ используется для получения целлюлозы из древесины. При пропускании смеси сернистого газа с кислородом воздуха над нагретым катализатором образуется серный ангидрид. При температуре $44,8^{\circ}$ серный ангидрид превращается в бесцветную летучую жидкость, затвердевающую при $16,8^{\circ}$.

Соединение серного ангидрида с водой сопровождается большим выделением тепла. В результате образуется серная кислота. Это бесцветная, не имеющая запаха тяжелая (уд. вес 1,84), нелетучая вязкая жидкость. За последнее свойство серную кислоту иногда и сейчас, как во времена алхимиков, называют купоросным маслом (алхимики получали серную кислоту нагреванием «зеленого купороса» — сернокислого железа).

Огромные количества серной кислоты расходуются в производстве минеральных удобрений. Производство ряда фосфорных удобрений (суперфосфат, преципитат и др.) невозможно без серной кислоты. Серная кислота применяется для очистки поверхности железа от окислов перед нанесением металлических покрытий (цинка, олова и др.). Серная кислота используется для получения медного и

цинкового купороса, сернокислого алюминия, некоторых кислот (соляной, плавиковой и др.).

Она применяется при нитровании многих органических веществ, широко используется для очистки органических продуктов и особенно нефтепродуктов.

Большие количества серной кислоты требуются для свинцовых аккумуляторов, а также в промышленности органического синтеза, где серная кислота применяется в качестве катализатора различных реакций (полимеризации, конденсации, дегидратации и ряда других).

Являясь одним из важнейших химических реактивов, серная кислота необходима в любой химической лаборатории.

Успехи современной химии, знаменующиеся возникновением и развитием новых областей знания, сопровождаются и повышением спроса на серную кислоту. Не случайно мировое производство серной кислоты неуклонно увеличивается, превысив к 1957 г. 30 млн. тонн в год.

Многие думают, что серная кислота — продукт исключительно рук человека. Это неправильно. Серная кислота найдена в некоторых водах вулканического происхождения. Так, например, вода реки Рио-Винагре, или Пазамбио, берущей начало у вулкана Пураче в Кордильерах (Южная Америка), содержит до 0,1% серной кислоты. Река ежедневно выносит в море около 20 тонн серной кислоты. В СССР серная кислота была открыта академиком А. Е. Ферсманом в Каракумских песках.

Если нахождение серной кислоты в природе является редкостью, ее соли — сульфаты — широко распространены в природе. Из них особого упоминания заслуживает сернокислый натрий, содержащийся в морской воде или в минеральных озерах и заливах.

На дне залива Кара-Богаз-Гол в 1847 г. лейтенант И. А. Жеребцов обнаружил огромные запасы водного сульфата натрия. Название заливу — Кара-Богаз-Гол — было дано туркменскими рыбаками и в переводе означает «Залив черной пасти». В течение многих столетий вода из Каспийского моря беспрепятственно и со значительной скоростью попадала в залив через узкий и сравнительно длинный пролив. Однако уровень воды в заливе всегда оказывался ниже уровня моря. Таинственное исчезновение воды и породило представление о наличии на дне залива дыры в недра земли — «черной пасти». На самом деле

исчезновение воды объясняется ее испарением. С поверхности залива, имеющей почти 18 тысяч квадратных километров, ежегодно испаряется около 18 кубических километров воды. В заливе при этом остается 200—240 тысяч тонн различных солей, в том числе и сульфата натрия.

В истории химии сульфат натрия (он кристаллизуется с 10 молекулами воды) играл видную роль. Он был открыт и искусственно получен химиком Иоганном Глаубером, за что и назван глауберовой солью. За ряд своеобразных свойств (слабительное действие, легкость выветривания, способность давать пересыщенные растворы и др.) сульфат натрия был назван глаубером «удивительной солью». От латинского названия этой соли («соль мирабилис») произошло и ее минералогическое название — мирабилит.

Сульфат натрия одно время в больших количествах получали искусственным путем. Французский химик Леблан использовал мирабилит как естественный, так и искусственный, для получения соды.

Профессор Петербургской Академии Лаксман в 1764 г. при варке стекла заменил поташ глауберовой солью. Стекольная промышленность стала одним из крупнейших потребителей сульфата натрия. В настоящее время это соединение является одним из важнейших видов сырья многих отраслей промышленности.

Вопрос об использовании естественных запасов мирабилита в нашей стране был решен Советской властью. Исключительно велика роль В. И. Ленина в освоении карбогазской соли.

Другая кислота серы — сероводородная — в больших количествах содержится во многих источниках вулканических местностей. В небольших количествах она присутствует в минеральных грязях, образующихся на дне неглубоких соляных озер. Сероводородная кислота — водный раствор сероводорода — бесцветного, с характерным запахом газообразного соединения серы с водородом. Сероводород очень ядовит. Сероводород относится к числу аккумулятивных ядов, т. е. таких, которые, постепенно накапливаясь в организме, вызывают отравление даже в случаях, когда содержание их в воздухе при кратковременном пребывании в нем человека не является опасным. В природе сероводород в свободном состоянии встречается в составе вулканических газов. В растворенном и отчасти в свободном состоянии сероводород содержится в Черном

море, начиная с глубины 200 и более метров. В небольших количествах он образуется всюду, где происходит разложение или гниение органических веществ.

УБИЙЦА, СПРЯТАВШИЙСЯ В СОЛОНКЕ

17. Хлор — Chlorum (Cl)

Хлор — это тяжелый (почти в 2,5 раза тяжелее воздуха) зеленовато-желтый газ, обладающий острым удушающим запахом и высокой ядовитостью для всего живого: от едва различимых под микроскопом бактерий до крупнейших животных.

Ядовитость газа, названного за свой цвет хлором (от греческого слова «хлорос» — зеленовато-желтый), объясняется его большой химической активностью. Он легко вступает в соединение почти со всеми химическими элементами, в том числе со многими металлами (натрием, калием, медью, оловом и др.). При химическом взаимодействии хлора с другими элементами выделяется большое количество тепла и света. Отнимая водород от воды, входящей в состав каждой клетки растительных и животных организмов, хлор тем самым разрушает структуру их, что влечет гибель всего живого.

Активность хлора «убила» и его самого. В природе в свободном состоянии он не встречается. Если же где-либо и образуется при редких условиях (извержениях подводных морских вулканов), в очень небольших количествах, то тотчас исчезает в результате взаимодействия с окружающими веществами.

Одно из наиболее распространенных соединений хлора — поваренная соль. Но не каждому, пожалуй, известно, каково количество имеющейся на земном шаре соли. А оно огромно! В растворенном состоянии соль содержится в воде морей и океанов. В твердом виде вся соль заняла бы 20 000 000 куб. километров. Таким количеством соли можно было бы засыпать всю поверхность суши земного шара (149 000 000 км²) слоем более сотни метров толщиной!

В растворенном состоянии соль содержится в минеральных озерах, соляных ключах и соляных ручьях (несколько таких ключей вносят свои воды в озеро Баскунчак).

На дне русла высохшей реки Узбой соль залегает на большом протяжении сплошным соляным пластом. Огромные куполообразные глыбы соли, целые соляные горы находятся в недрах земли и на ее поверхности, например, гора Ходжа-Мумын в Южном Таджикистане, сплошь состоящая из каменной соли, подымается на 900 метров над уровнем моря.

Соль — необходимое соединение для организмов животных и человека. В организме человека содержится до 200 граммов соли. Важное значение соли в организмах наземных животных и правильное соотношение между солью и другими соединениями хлора, находящимися в крови наземных животных, приближающееся к тому, что имеет место в морской воде, рассматривается некоторыми учеными как доказательство происхождения наземных животных из морских организмов.

Соль открывает историю искусственного получения хлористых соединений и самого хлора. Начало этой истории связывается с 1648 г., когда немецкий врач Иоганн Рудольф Глаубер, нагревая влажную соль на угле, получил, конденсируя выделяющийся дым, сильную кислоту, названную им «соляным спиртом».

Следует указать, что в книге «Триумфальная колесница антимония», написанной Василием Валентином, жившим в начале XV столетия, среди подробного описания свойств и медицинского применения сурьмы и некоторых соединений висмута упоминается также и «соляной спирт». Видимо, нужно допустить, что последний был известен до Глаубера, и Глаубер лишь открыл и описал способ приготовления этого вещества. Однако современные историки химии полагают, что сочинения Василия Валентина написаны врагами Парацельса с целью доказать, что все написанное им было известно уже в XV веке, поэтому может быть, и упоминающийся в этой книге «соляной спирт» внесен в нее после открытия Глаубера. В 1772 г. английский химик Пристли, изучив свойства раствора «соляного спирта» в воде, назвал его соляной кислотой. В 1774 г. шведский химик Шееле нашел, что соляная кислота, при нагревании с двуокисью марганца, дает желто-зеленый газ — хлор.

Хлор не сразу нашел применение. Впервые хлор был использован в медицине. Раствор хлора в воде — хлорная вода — рекомендовалась как дезинфицирующее вещество

врачам и студентам-медикам. В тридцатых годах прошлого столетия хлорную воду рекомендовали для ингаляции при туберкулезе легких, дифтерии и некоторых других болезнях.

В современной медицине большие количества хлора употребляются для стерилизации питьевой воды, дезинфекции выгребных ям, отхожих мест и т. д.

С развитием техники области применения хлора все более и более расширялись. Он применялся при изготов-

лении многочисленных химических соединений в анилиново-красочной и фармацевтической промышленности, в производстве соляной кислоты, хлорной извести, гипохлоритов и т. д. Большие количества хлора используются для отбеливания тканей и целлюлозы в бумажной и текстильной промышленности. В цветной металлургии путем хлорирования получают некоторые металлы из руд. В химии высокомолекулярных соединений хлор используется при изготовлении пластических масс, синтетических волокон, каучука и т. д. Интересным свойством обладает одно из кислородных соединений хлора с магнием (хлорат магния). При действии этого вещества на хлопчатник последний теряет листья. Это используется при сборе хлопка. Веществ с подобным действием получено уже много. Они называются дефолиантами.

В первую мировую войну хлор нашел неожиданное применение как оружие массового уничтожения.

Вскоре после хлора был применен другой удушающий газ — фосген — соединение хлора с окисью углерода. Название нового газа отражало один из способов его получения. Это соединение образуется под влиянием солнечных лучей (от греч. «фос» — свет и «генао» — произвожу, т. е. рожденный светом). В 1917 г. массовое при-



менение нашел иприт, который тоже содержал в себе хлор. К концу войны применялось более 50 различных боевых отравляющих веществ, 95% которых были производными хлора. Чтобы судить об эффективности БОВ на полях войны, достаточно указать, что в одной только английской армии, занимавшей среди воюющих государств 5-е место по своей численности, с июля 1917 г. по ноябрь 1918 г. БОВ вывели из строя более 160 000 человек!

Таков вкратце рассказ о зелено-желтом газе, который преступной волей кучки империалистов в первой мировой войне был превращен в убийцу тысяч людей.

ТОРЖЕСТВО ТРЕТЬЕГО ЗНАКА

18. Аргон — Argon (Ar)

В конце прошлого века техника и наука обогатились созданием ряда точных инструментов для определения физико-химических свойств различных элементов. Развитие науки требовало точных знаний о свойствах веществ. Поэтому, пользуясь новыми, более тонкими и чуткими приборами, физики заново измеряли температуры плавления и кипения тел, их оптические, электрические и другие свойства. В 1893 г. английский физик Джон Вильям Рэлей решил провести измерение удельных весов различных газов, в первую очередь тех, с которыми физики и химики чаще всего имели дело. Такими газами были азот, водород и кислород.

Определяя вес азота, Рэлей установил, что азот, полученный из воздуха, весит больше, чем азот, выделенный из его соединений. Так, литр «воздушного» азота весил 1,257 г, литр же азота, выделенного из соединений, весил 1,251 г. Разница была ничтожной, и начиналась она с тысячных долей грамма, с третьей цифры после запятой — 0,006. Шесть миллиграммов — столько, сколько, приблизительно, весит блоха. Но эта разница была постоянной, т. е. она имела одинаковую величину, несмотря на различные способы выделения азота из многообразных его соединений.

Результаты своих исследований о «ненормальном» весе «воздушного» азота Рэлей опубликовал в известном англий-

ском журнале «Природа». В своей статье Рэлей обращался к ученым, читающим журнал, с просьбой объяснить весовую ненормальность «воздушного» азота. Лондонский профессор Вильям Рамзай высказал остроумную догадку. Он предположил, что «воздушный» азот весит больше потому, что в нем есть примесь какого-то тяжелого газа. Однако догадка Рамзая опровергалась данными опытных исследований. Ведь воздух неоднократно исследовался многими учеными. Состав его, казалось всем, установлен настолько точно, что невозможно было допустить в нем наличие каких-то неизвестных примесей. Все же это не помешало Рэлею и Рамзаю взять на себя труд пересмотреть работы прежних исследователей. И вот, просматривая пожелтевшие от времени рукописи Гэнри Кэвендиша, умершего более столетия назад, они неожиданно натолкнулись на описание интересного опыта, результаты которого остановили на себе внимание обоих исследователей. Опыт заключался в следующем: через дугообразно изогнутую стеклянную трубку, наполненную смесью азота с кислородом и опущенную концами в рюмки со ртутью, в течение трех недель пропускались электрические искры. Длительность опыта объяснялась тем, что источником электричества являлась электрофорная машина. Искры от нее получались слабые и проскакивали в трубке через большие промежутки времени. Продукт реакции «оранжевый дым» — окислы азота поглощались каплями щелочи, которую Кэвендиш вводил пипеткой в трубку. Когда ртуть заполнила всю трубку, и азот с кислородом полностью, перейдя в «оранжевый дым», растворились в щелочи, опыт был закончен. Однако, присмотревшись внимательно, Кэвендиш заметил над ртутью и щелочью маленький пузырек газа. Несмотря на длительное пропускание электрических искр он так и не превратился в «оранжевый дым».

Кэвендиш был весьма странным человеком. Предание сохранило память о Кэвендише как о довольно большом чуде. Он был сказочно богат, нелюдим, молчалив и всю жизнь занимался научными исследованиями. Несмотря на то, что он сделал ряд замечательных открытий, ученый никогда никому о них не рассказывал и почти никогда не публиковал своих работ. Странности его носили анекдотический характер. Рассказывали, что его огромной научной библиотекой мог пользоваться всякий, кто оставлял расписку в том, что такой-то такого-то числа взял книгу в

библиотеке Кэвендиша. Исключения из этого правила Кэвендиш не делал и для себя. Кэвендиш был очень аккуратным человеком. Точнейшим образом записав в журнал упомянутый выше опыт, он не забыл упомянуть и о крошечном пузырьке газа, который несмотря на все старания Кэвендиша так и не удалось превратить в «оранжевый дым». Так в записях этого чудака, сказочного богача и выдающегося ученого своего времени Рэлей и Рамзай нашли указания на то, что «... в нашей атмосфере содержится... часть воздуха, которая отличается от всего остального и... что она не больше 125 части его».

Наткнувшись на эту замечательную запись, Рэлей решил повторить опыт Кэвендиша, но только в большем масштабе. Он воспользовался для получения электричества высоковольтным генератором. Несколько часов пронызывали искры смесь азота и кислорода. Когда соединение азота с кислородом было растворено в едком натре, Рэлей обнаружил в баллоне какой-то газ, очевидно, тот самый, который сто лет назад нашел Кэвендиш и который утяжелял «воздушный» азот.

Рамзай поступил иначе. Он воспользовался способностью азота легко соединяться с накалившимся магнием. Получив несколько литров азота из воздуха, Рамзай в течение десяти суток пропускал его через трубку с нагретым докрасна магнием. Весь азот соединился с раскаленным магнием. Весь, кроме небольшого объема неизвестного газа, который ни при каких условиях не соединялся с магнием.

Так, идя разными путями, Рэлей и Рамзай пришли к одной цели. Неизвестный газ, входящий в состав воздуха, был выделен. Он отличался полной неспособностью к соединению с другими веществами, т. е. инертностью. Ни разрушающий фтор, ни жадный к соединению хлор, ни активные металлы — натрий, калий, ни другие элементы не могли соединиться с новым газом при всех доступных условиях. От греческого слова «аргос», что значит ленивый («а» — отрицание, «эргон» — дело), Рэлей и Рамзай назвали новый газ аргоном.

Существование, свойства и местонахождение химически инертных элементов было предугадано на основе закона Менделеева за 20 лет до открытия аргона русским революционером-народовольцем Н. А. Морозовым.

В августе 1894 г. на съезде физиков, химиков и естествоиспытателей в старинном университетском городе

Оксфорде Рэлей сделал доклад о новом газе. «В каждом кубометре воздуха содержится около пятнадцати граммов аргона. В зале, в котором заседает съезд... содержится несколько пудов аргона»,— утверждал в своем докладе Рэлей. Открытие аргона явилось победой точности, победой и торжеством третьей значащей цифры после запятой. Аргон вскоре оказался очень доступным и дешевым. Как известно, получение синтетического аммиака основано на реакции соединения водорода и азота; водород получают из генераторного газа или воды, азот — из воздуха. Но если из воздуха удалить кислород, водяные пары и углекислый газ, то останется азот в смеси с аргоном. Что же останется, когда азот соединится с водородом и образуется аммиак? Очевидно, аргон. Таким образом, аргон является «отходом» производства и при том в значительных количествах. На тонну аммиака нужно около тысячи кубометров азота, который получают из воздуха. Вместе с азотом будет больше ста кубометров аргона. Ведь в каждом кубометре воздуха содержится 9,3 литра аргона, а он-то в реакциях синтеза не участвует. Аргон недеятельный газ, он используется для защиты веществ от воздуха, водяных паров и некоторых других газов. Аргон хороший панцирь от подобных «опасностей». Например, при разливке расплавленного магния, который на воздухе немедленно загорается, можно использовать аргон. В некоторых производствах аргон просто незаменим, особенно там, где кислород разрушает продукцию, а азот нежелателен из-за способности поддерживать жизнь бактерий.

Электрический ток, пропущенный через трубку, наполненную аргоном, дает сине-голубое свечение. Поэтому аргон широко применяют как наполнитель газосветных трубок. Аргоновые рекламы мерцают над входами кинотеатров, в витринах магазинов и кафе.

Много неудобств представляет нагревающаяся электрическая лампочка; превращаясь в тепло, напрасно расходуется электрическая энергия, становится хрупкой изоляция проводов, подводящих ток, иной раз электрическая лампочка при бумажном или шелковом абажурах может стать причиной пожара. Каждому понятно, что назначение лампочки — давать свет, а не тепло. Вот почему для наполнения лампочек долго искали такой газ, который химически не взаимодействовал бы с раскаленной нитью, имел бы малую теплоемкость и плохо проводил бы тепло.

Подходящим для этих целей оказался аргон. Если к азоту добавить всего 15 процентов аргона, коэффициент полезного действия лампочки увеличивается на одну пятую. Подобная смесь аргона и азота находится и в той лампочке, при свете которой, возможно, вы читаете этот рассказ.

ЭЛЕМЕНТ ПЛОДОРОДИЯ

19. Калий — Kalium (K)

Рассказ об этом элементе хочется начать словами известного немецкого химика Юстуса Либиха: «Отдайте почве то, что вы у нее взяли, или не ждите от нее в будущем столько, сколько она давала раньше». Эти слова были сказаны более ста лет назад, однако они нисколько не утратили своего значения и в наши дни. Дело в следующем. Для нормального развития всех растений в почве необходим ряд элементов. Одним из них является калий. Из почвы калий попадает в растение, а при сборе урожая вместе с зерном, соломой, корнеплодами удаляется с поля. Так, постепенно, с каждым годом почва обедняется калием. Создается угроза «калийного голода растений», при котором урожайность быстро падает. Чтобы предупредить калийный голод, в почву необходимо вводить соединения калия. Но где их взять? Оказывается, что один из самых распространенных элементов земной коры — калий, на долю которого приходится 1,1% от общего числа атомов, почти никогда не образует мощных отложений. Долгое время (с 1843 г.) было известно только одно весьма значительное месторождение калийной соли — Стассфуртское в Германии, имевшее промышленное значение.

Выдающийся химик нашего времени Николай Семёнович Курнаков, изучая совместно с геологом П. И. Преображенским соляные озера и минеральные источники СССР, открыл одно из величайших в мире месторождение калия — Соликамское.

Кроме Соликамска, месторождения калийных солей были обнаружены в Северо-Западном Казахстане, на Украине, в Станиславской и Дрогобычской областях. В последние годы были разведаны новые залежи калийных солей в Белоруссии. Одно из них — Солигорское является

крупнейшим в Европе. Соединения калия были найдены также на северо-западе Польши в районе бывшей крепости Быдгош. В последнее время в Израиле делаются попытки извлечения калийных солей из воды Мертвого моря.

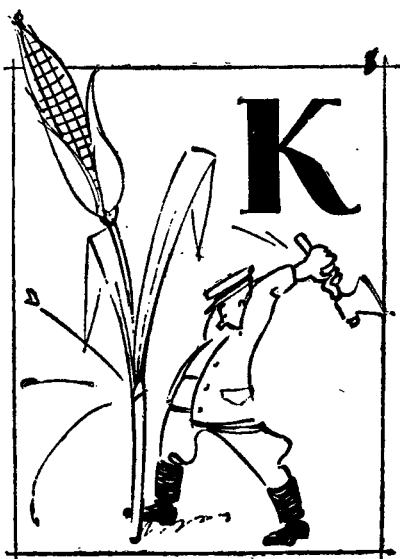
Таким образом, можно сказать, что в нашей стране сосредоточено около 90% мировых калийных запасов. Наша калийная промышленность обеспечивает удобрениями не только сельское хозяйство Советского Союза. Мы оказы-

ваем помощь и нашим друзьям. Очень часто при подписании торговых соглашений в числе других товаров, продаваемых нашей страной, указываются и «...минеральные удобрения».

Роль калия не исчерпывается применением его соединений в качестве удобрения. Соединения калия — необходимая составная часть каждой клетки организма животных и человека. Определенное соотношение между калием и другими элементами необходимо для обеспечения нормальной работы мышц, и главное — мышц сердца.

Соединения калия весьма многочисленны, и многие из них широко применяются в различных областях практической деятельности человека. Например, без соли калия — хромпика нельзя приготовить хорошую кожу для обуви.

Соединение калия с хлором и кислородом — хлорат калия, или, как чаще его называют, бертолетова соль — обязательная составная часть праздничного фейерверка. Калийная щелочь — едкое кали — необходимое вещество в химической, фармацевтической и других отраслях промышленности. Для специальных целей необходимо например, жидкое мыло. Его можно получить с помощью того же едкого кали. Большие количества этого вещества



необходимы для железоникелевых, или, как называют их, щелочных, аккумуляторов.

Калий дает не только плодородие почве, но и тепло земному шару. Дело в том, что калий принадлежит к немногим элементам, один из изотопов которого обладает естественной радиоактивностью. Специалисты подсчитали, что за счет радиоактивного распада калия в земной коре выделяется большое количество тепла. Наличием в организме человека около 0,003 грамма радиоактивного изотопа калия объясняется и свойственная человеческому организму радиоактивность, выражающаяся в распаде не менее 5000 атомов калия в каждую секунду.

В свободном состоянии калий был получен в 1807 г. английским химиком Г. Дэви путем электролиза едкого кали. Еще арабские ученые знали щелочи. «Алкали» по-арабски — «зола», «щелочь», отсюда и название — калий, введенное в русскую химическую номенклатуру в 1881 г. Г. И. Гессом.

Однако профессор Харьковского университета, автор пятитомной «Всеобщей химии для учащихся и учащихся» Гизе еще в 1813 г., до своего отъезда в Юрьев, употреблял слово «калий» для названия элемента.

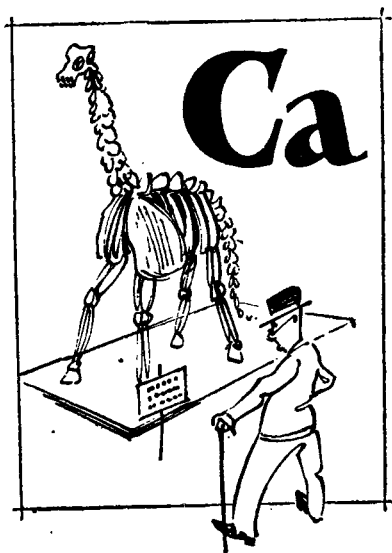
В свободном виде калий — серебристо-голубоватый, легкоплавкий (плавится при 62°) металл. Металлический калий очень активен. Бурно окисляется на воздухе, а от воды загорается, образуя водород и щелочь. Интересен один из сплавов калия с натрием. В противоположность всем остальным сплавам натрия и калия, он при 76% калия и 24% натрия является жидким и затвердевает при 12° мороза. Этот сплав применяется при синтезах органических соединений.

ОН ЕСТЬ В ЗДАНИЯХ И... КОСТЯХ

20. Кальций — Calcium (Ca)

Вода является колыбелью жизни! Во мраке веков затерялось то время, когда в тепловых волнах первобытных морей вспыхнула жизнь в виде микроскопически малых кусочков организованной материи. Это был величайший момент в истории жизни нашей планеты! Сложнейшее соче-

тание разнообразных причин, неразрывно связанных друг с другом в своей совокупности, привело к появлению нового качества, определяемого словом — жизнь! На определенной ступени развития неживого вещества возникло живое! В процессе постепенного развития жизни непрерывно совершенствовалась и усложнялась живая материя. От комочков белка — к простым клеткам и от клеток — к многоклеточным организмам, вплоть до самого совершенного из них — человека — постепенно возрастала прочность и устойчивость живого тела.



В процессе развития оно все больше нуждалось в защите от разнообразных внешних влияний. Мягкое, легко ранимое тельце живых существ нуждалось в прочной опоре, в прочной защите. Если для растительных организмов подходящим материалом оказался кремний и его соединения, то для животных оказались, главным образом, соединения легкого, серебристо-белого металла кальция.

Из соединений этого элемента многочисленные морские существа: моллюски, раки, а также неисчислимые количества простейших организмов строят покровы своего тела — прочные панцири и те разнообразные по форме, яркие по окраске, замечательные по архитектуре раковины, которым каждый человек то на берегу моря, то спокойного озера, то тихой речушки отдавал часть своего внимания.

Скапливаясь после смерти своих хозяев на дне водоемов и, главным образом, морских бассейнов, эти раковины за десятки миллионов лет сложили мощные толщи соединений кальция, давших начало образованию горных пород — известняков, из которых состоят целых горы.

Наземные животные из соединений кальция (фосфорнокислых солей) строят свои скелеты — внутреннюю опору

для мягких тканей, которые в десятки раз превышают вес самой опоры. В плотную скорлупу из кальциевых соединений птицы прячут нежную полужидкую массу вещества, служащую для воспроизведения себе подобных. С помощью соединений кальция животный организм и, в частности, человеческий борется с некоторыми видами болезнетворных микробов, замуровывая их в плотные известковые оболочки.

Значение кальция для животных организмов не исчерпывается постройкой костных скелетов, он имеет решающее значение и в процессах самой жизнедеятельности организмов. Ионы кальция регулируют работу сердца, свертываемость крови, предотвращая гибель организма от кровопотери, которой грозила бы малейшая царапина.

Суточная потребность в кальции у разных организмов различна: для человека она составляет 0,7 г. Интересен следующий факт: соотношение солей кровяной сыворотки (в том числе, и кальция) близко к их соотношению в морской воде, в которой, как уже указывалось, зародилась жизнь.

Соединения кальция в виде известняка, мела, мрамора (углекислый кальций), силикатов, фосфоритов (фосфорнокислого кальция), гипса широко распространены в природе. Из них на земном шаре сложены горные хребты. На долю кальция приходится 1,5% от общего числа атомов земной коры.

Как строительный материал соединения кальция (мрамор, известняк, гипс) были широко известны человеку и использовались им со времен глубочайшей древности.

И когда сейчас мы восторгаемся прекрасными расцветками мраморной отделки Московского метро, или любуемся стройными очертаниями Кремлевских башен, или, застыв от удивления, стоим перед огромными костяками вымерших гигантов в палеонтологическом музее, мы не должны забывать, что во всех этих объектах внимания и восторга находятся соединения металла, без которого не может быть ни мрамора, ни прочной связи кирпичей, ни одной кости многочисленных животных.

В металлическом виде кальций был выделен Г. Дэви в 1808 г. путем электролиза. В противоположность своим соединениям кальций имеет ограниченное применение. Он используется в металлургии для освобождения рас-

плавленных металлов от растворенного в них кислорода. Новым потребителем кальция стала металлургия урана.

Название и знак кальция произошли от латинского слова «калькс», что значит известь, мягкий камень — так назывались некоторые соединения кальция (мел, мрамор и др.) за сравнительную легкость их обработки.

ВТОРОЙ СВИДЕТЕЛЬ ГЕНИЯ МЕНДЕЛЕЕВА

21. Скандий — Scandium (Sc)

Нужна была великая вера Д. И. Менделеева в непогрешимость своего творения и действительная, подлинная научность периодической системы, чтобы говорить об элементе, которого никто никогда не видел и даже не предполагал возможности его существования.

Создавая периодическую систему элементов, Д. И. Менделеев обнаружил, что в ней оказалось много пустых мест, «белых пятен», как говорят в таких случаях. Раз есть «белые пятна», значит, либо неправильна система классификации, либо то, что должно заполнять эти «белые пятна», еще не найдено, и о нем ничего еще не знают исследователи. Д. И. Менделеев был убежден в существовании еще не открытых элементов.

Об одном из них в 1871 г. Д. И. Менделеев писал: «Элемент этот предлагают предварительно назвать экабором¹, производя это название от того, что он следует за бором как первый элемент четных групп, а слог эка производится от санскритского слова, обозначающего один... Экабор в отдельности должен представлять металл... при этом удельный вес этого металла должен быть близок к 3,0... Металл этот нелегуч...».

Проходит восемь лет, и шведский химик Нильсон в одном из очень редких минералов обнаруживает новый элемент, которому в честь полуострова Скандинавии присваивает название скандия. После изучения нового

¹ Эка — слово, заимствованное Д. И. Менделеевым из древнейшего письменного языка Индии — санскрита. «Эка» означает «один». Д. И. Менделеев применял санскрит вместо латыни и греческого языка, из которых обычно было принято брать научные термины и названия (примеч. авт.).

элемента Нильсон дал описание свойств скандия. Каково же было удивление Нильсона, когда он, сравнивая характеристику скандия с экабором Менделеева, установил почти полное сходство этих характеристик. «Не остается никакого сомнения, что в скандии открыт экабор...», — писал Нильсон, — и, далее, потрясенный этим событием, подчеркивал: «Так подтверждаются самым наглядным образом мысли русского химика, позволившие не только предвидеть существование названного простого тела, но и наперед указать его важнейшие свойства».

Для сравнения приводим некоторые данные, которыми Д. И. Менделеев характеризовал скандий (экабор) до его открытия и Нильсон после изучения свойств открытого им элемента.

Экабор

Атомный вес 45
Окись экабора состоит из двух атомов экабора и трех атомов кислорода.

Удельный вес окиси 3,5.

Серноокислая соль экабора состоит из двух атомов экабора и трех остатков серной кислоты.

Двойные серноокислые соли не будут по форме кристаллов похожи на квасцы.

Скандий

Атомный вес 45,1
Окись скандия состоит из двух атомов скандия и трех атомов кислорода.

Удельный вес окиси 3,8.

Серноокислая соль скандия состоит из двух атомов скандия и трех остатков серной кислоты.

Двойная серноокислая соль скандия и калия не похожа по форме своих кристаллов на квасцы.

Как видно из приведенных характеристик, между ними нет заметной разницы.

Скандий был вторым из числа химических элементов, открытых после предсказания их существования и свойств Д. И. Менделеевым на основе периодического закона. Скандий — наглядное подтверждение справедливости этого важнейшего закона естествознания.

Хотя скандия в природе ($2 \cdot 10^{-4} \%$) в два раза больше по числу атомов, принимающих участие в построении земной коры, чем свинца, он не нашел пока еще практического применения.

Исследования с помощью спектроскопа показали, что скандий в значительном количестве распространен на некоторых звездах.

БУДУЩИЙ ТИТАН

22. Титан — Titanium (Ti)

В древнегреческой мифологии титанами назывались бессмертные дети Геи (богини Земли) и Урана (бога Неба), исполины, великаны, вступившие впоследствии в борьбу с Зевсом (верховным божеством) за обладание Небом. Значительно позднее титанами стали называть людей — носителей мощного духа, ума, таланта, борцов за правду, возвышенные идеалы и свободу. В настоящее время с этим словом невольно связывается представление о чем-то огромном, могучем, всепобеждающем.

Титаном называется и химический элемент. Однако название и химический знак этого элемента произошли не от титанов и даже не от имени одного из них — Титана. Название элемента произошло от имени фантастической царицы Эльфов (германская мифология) — Титании, в честь которой немецкий химик Клапрот назвал открытый им в 1797 г. химический элемент, за шесть лет до него впервые обнаруженный английским химиком У. Грегором в минерале менаканите. К слову сказать, имя Титании носит третий спутник планеты Уран, а имя Титан присвоено шестому спутнику Сатурна. В одном из музеев провели исследование имеющихся в коллекции минералов и обнаружили, что из тысячи различных минералов около восьмисот содержат титан. Минералы, содержащие титан, в природе находятся повсеместно. В СССР наиболее крупные месторождения таких минералов имеются на Урале. Титан есть в почве и растениях, в воде рек и озер. В природе титана (0,2%) несколько больше, чем углерода (0,14%) из общего числа атомов земной коры. В отличие от углерода титан рассеян и редко образует крупные скопления. Углерод же встречается в угольных пластах толщиной иногда в десятки метров. Хотя титан известен сравнительно давно, в чистом виде он был получен лишь в 1910 г. американским химиком Хантером. Свойства этого элемен-

та оказались поистине «титаническими». Тугоплавкий (плавится при 1665°) и легкий (уд. вес 4,5), вместе с тем очень стойкий на воздухе и даже в морской воде, которая так легко разрушает железо. Высокая стойкость титана к действию морской воды дает возможность изготавливать из него обшивку судов, которая не требует антикоррозионной защиты (кусок титана после 120 дней пребывания в морской воде никаких признаков разрушения не имел). Особенно замечательна способность титана жадно поглощать газы и давать прочные соединения с азотом и углеродом. Это затрудняет, с одной стороны, получение титана в чистом виде, а с другой — обеспечивает титану самое широкое применение в технике для удаления газов из расплавленных металлов. Титан входит не только в стали, но и в бронзы, латуни, сплавы алюминия. Добавление титана к стали придает ей твердость и эластичность. Такая сталь идет на изготовление рельсов, вагонных осей, колес и т. д.

Титан легко поддается механической обработке. Он хорошо куется, легко прокатывается в листы, ленты и даже фольгу. Будучи немного тяжелее алюминия, но в 6 раз прочнее его, титан — будущий соперник алюминия.

Сочетание легкости с большой механической прочностью, тугоплавкостью и трудной окисляемостью делает титан ценнейшим строительным материалом новейшей техники. Поэтому титан и получаемые на его основе сплавы идут на изготовление лопаток газовых турбин, фюзеляжей и кабин высотных самолетов, дисков компрессоров, защитной брони, жаропрочной химической аппаратуры, режущих инструментов и многого другого.

Преодоление «звукового» и «теплого» барьеров в скоростной авиации, а также «подъем потолка» реактивных самолетов был бы невозможным без титана и его сплавов. Несомненно, что в технике ближайшего будущего титану будет принадлежать ведущее место.

Как ни печально, но картины признанных мастеров кисти прошлых веков постепенно теряют свои художественные качества. Виновник этого — свинец. При писании картин почти всегда употреблялись свинцовые белила, а они изменяются от времени. От действия сероводорода, почти всегда в незначительных количествах содержащегося в воздухе жилых помещений, свинцовые белила темнеют.

Это еще полбеда: потемневшую картину можно просветлить путем обработки (протиранья) перекисью водорода. Есть у свинцовых белил другой неустранимый недостаток — частичная потеря кроющей способности. Потеря кроющей силы свинцовых белил объясняется образованием в краске полупрозрачного соединения (свинцового мыла). Оно возникает в результате реакции между водной окисью свинца, входящей в состав белил, и кислотами, находящимися в связующих краску маслах и лаках. Этот недостаток свинцовых белил отразился в большей или меньшей степени на всех произведениях старых мастеров (Караваджо, Рибейры, Пуссена и других). Свинцовые белила в живописи сейчас уступили место титановым. Кроющая способность титановых белил в два раза выше свинцовых, они не ядовиты и не темнеют от сероводорода. Основой титановых белил является чистая двуокись титана, порошок удивительной белизны. В электрической печи можно получить искусственным путем прозрачные кристаллы двуокиси титана. Они имеют показатель преломления (2,7) больше, чем у алмаза (2,4), и могут поэтому служить для имитации драгоценных камней, более красивых, чем лучшие бриллианты.

Надевая рубашку из искусственного шелка, имейте в виду, что в нем есть двуокись титана, которая придает ткани матовый оттенок. Эмали, глазури, тугоплавкие стекла также содержат этот окисел. Некоторые соединения титана нашли применение в радиотехнике, так как обладают по сравнению с природными материалами огромной диэлектрической постоянной.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ МЕТАЛЛ

23. Ванадий — Vanadium (V)

Уважаемый профессор химии в одном из волжских городов, читая студентам лекцию о применении ванадия, приводил удачное и образное сравнение: «Все вы знаете Романа Данилыча, я дополнительно сообщу, что в год он изнашивает не менее 6 пар обуви, в то время как я,— говорил профессор,— одни ботинки ношу два или три года.

Походка у нас одинаковая, и ежедневное пребывание в движении также одинаковое. «В чем же причина? — спрашивал профессор. — Разница в нагрузке: он весит 130 килограммов, а я — всего только 60. Если бы не ванадиевая сталь, автомобиль весил бы в два раза больше, в два раза увеличился бы расход горючего, износ покрышек, сократился срок службы дорожного покрытия. Поэтому ванадий образно и называют «автомобильным металлом».

Этот шуточный отрывок из лекции представляет хорошую иллюстрацию к известному выражению Форда о том, что «если бы не было ванадия, — не было бы автомобиля». Незначительная добавка (0,2%) ванадия к обычной стали сообщает ей целый ряд ценных свойств: увеличивается ее упругость, прочность на истирание и сопротивление разрыву, что особенно важно для таких ответственных частей автомобиля, как рессоры, оси, валы, шестерни. Из ванадиевой стали изготавливают автомобильные моторы, паровозные цилиндры, тормозные колодки.

В технике строительства мелких морских кораблей, гидросамолетов, глиссеров нашел применение сплав, имеющий звучное название «ванадий», который состоит из алюминия и ванадия и обладает не только высокими механическими свойствами, но и отличной устойчивостью против разрушающего действия морской воды.

Нужно заметить, что ежегодно на земном шаре добывается не более пяти тысяч тонн ванадия, т. е. всего лишь в пять раз больше, чем золота. Между тем на Земле ванадия сравнительно много, он составляет 0,005 процента от общего числа атомов земной коры, что при переводе в тонны дает грандиозное количество. Ванадий входит в состав более пятидесяти минералов, обнаружен даже в составе метеоритов, но... богатые месторождения его минералов встречаются весьма редко. Ванадий — элемент, рассеянный повсюду, поэтому руды, содержащие всего один процент ванадия, считаются чрезвычайно богатыми. Для промышленного получения ванадия используют и такие руды, в которых ванадия всего 0,1%.

В земной коре ванадия больше, чем таких распространенных металлов, как цинк, медь, олово, свинец. Если посмотреть на карту крупных промышленных месторождений ванадия, то бросается в глаза, что многие из них — Колорадо (минерал карнотит), Перу (минерал патронит), юго-запад Африки — находятся в районах с сухим и жар-

ким климатом. В СССР главным источником получения ванадия служат железные и полиметаллические руды (руды, содержащие несколько металлов).

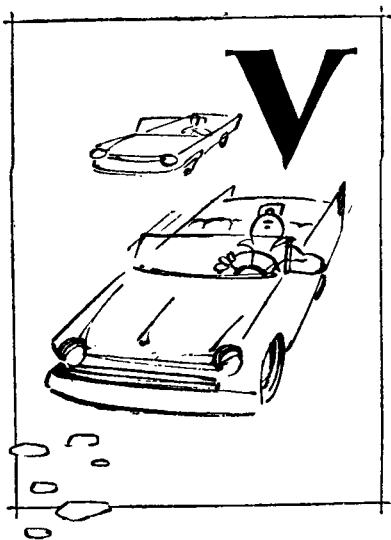
Каждому понятно, что когда есть возможность без ущерба для производства заменить драгоценные металлы более доступным и дешевым материалом, ее немедленно используют. Поэтому, как только в Одесском химическом институте была установлена возможность замены в производстве

серной кислоты платинированного асбеста (асбест с нанесенным на него порошком платины) окислом ванадия, на наших заводах сразу же приступили к внедрению изобретения в производство. Впервые такая замена была осуществлена еще в предвоенные годы на одном из заводов Донбасса. Ныне большинство заводов мира используют в производстве серной кислоты катализатором не платину, а соединения ванадия. Помимо сернокислотной промышленности, соединения ванадия применяются в резиновой, стекольной и керамической промышленности.

Ванадий — элемент современной техники, находит широкое применение в настоящем, но еще шире он и его соединения будут использоваться в будущем.

История открытия ванадия началась в 1801 г., когда мексиканский минералог Дель-Рио обнаружил неизвестный элемент в одной из мексиканских железных руд.

Спустя 30 лет швед Н. Сефстрем «открыл» ванадий второй раз в шведских железных рудах. В свободном состоянии ванадий выделен в 1867 г. английским химиком Г. Роско. Название элемента произошло от имени древнегерманской богини любви Ванадис. Чувства этой богини, по мифологическим сказаниям, отличались необыкновенным постоянством, и в этом смысле ванадий оправдывает свое



название. Пружинные стали, содержащие этот металл, обладают стойкими свойствами.

Ванадий — серый, блестящий, не окисляющийся на воздухе металл, сравнительно легкий (уд. вес 6) и тугоплавкий (температура плавления 1735°). Ванадий малоактивен, однако в порошкообразном состоянии и при нагревании энергично соединяется с кислородом, серой, хлором. Некоторые растения и животные, например, асцидии, голотурия и др., извлекают ванадий из окружающей среды и накапливают его в виде гемованадина в кровяных тельцах — ванадоцитах (до 15% в золе). По-видимому, ванадиевые соединения у этих организмов принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, в дыхании и кроветворении. Ванадий для отдельных видов растений и животных, живших в минувшие геологические эпохи, играл, по-видимому, большую роль в процессах жизнедеятельности, подобно железу для современных животных.

На современные животные организмы растворимые соединения ванадия действуют как сильные яды, однако опыты введения в пищу некоторым животным (свиньям, быкам и др.) незначительных количеств соединений ванадия привели к неожиданным результатам: наблюдалось повышение аппетита и необычайное ожирение животных.

При туберкулезе часто наблюдается истощение организма; с давних пор при лечении «чахотки» старались у больных сохранить аппетит, давая им различную пищу с большим содержанием жиров. Способность соединений ванадия возбуждать аппетит и создавать повышенный запас жиров пытались использовать при лечении некоторых видов туберкулеза легких. В настоящее время в связи с открытием эффективных средств борьбы с этим заболеванием соединения ванадия для указанной цели в медицине не применяются.

САМЫЙ ТВЕРДЫЙ МЕТАЛЛ

24. Хром — Chromium (Cr)

В 1797 г. французский химик Л. Вокелен впервые исследовал красноватый, тяжелый минерал крокоизит, попавший в его руки из далекой Сибири.

Крокоизит, чаще называемый крокоитом (от греческого «крокос» — шафран), — редкий минерал, найденный на Урале в 40-х годах XVIII в. и описанный М. В. Ломоносовым. Затем он был найден в Сибири петербургским профессором химии И. Леманом в 1762 г. От него попал к Вокелену, который открыл в сибирском минерале соединение нового элемента. Выделить этот элемент в чистом виде он не смог. Пораженный разнообразием окрасок, образуемых разными соединениями вновь открытого элемента, Вокелен назвал его хромом (от греческого слова «хрома» — цвет, краска). В сравнительно чистом виде новый элемент был выделен в 1799 г. Ф. Тассером. Он представлял собой серо-стальной металл с серебристыми блестками в изломе, тугоплавкий (температура плавления 1800°), не окисляющийся при обычных условиях, с удельным весом, почти равным удельному весу железа (7,8.)

Впоследствии было установлено, что твердость хрома наибольшая по сравнению с другими металлами. Необычайно высокая прочность, твердость, устойчивость к внешним воздействиям и легкость образования сплавов с другими металлами, особенно с железом, сделали хром одним из важнейших металлов в металлургии сплавов.

Хром применяется для получения различных сортов специальных сталей в изготовлении стволов огнестрельных орудий (от ружейных до пушечных), броневых плит, негоряемых шкафов и т. д. Стали, содержащие более 13% хрома, почти не ржавеют и применяются для изготовления подводных частей кораблей и, в частности, для постройки корпусов подводных лодок.

Хром широко применяется для хромирования изделий. Хромирование осуществляется электролитическим путем. Несмотря на то, что толщина наносимых пленок часто не превышает 0,005 мм, хромированные изделия становятся устойчивыми к внешним воздействиям (влаге, воздуху) и не ржавеют.

Из соединений хрома изготавливаются хромистые кирпичи — хромомagnesиты, применяемые в рабочем пространстве металлургических печей и других металлургических устройствах и сооружениях.

Соединения хрома встречаются в Родезии (Южная Африка), в Греции, в Новой Каледонии (остров в Тихом океане близ Австралии), на Урале. Хром относится к довольно распространенным элементам. На долю хрома

приходится 0,006% от общего числа атомов земной коры.

Хром — постоянная составная часть растительных и животных организмов. В крови содержится от 0,012 до 0,035% хрома.

ВЕРНЫЙ СПУТНИК СТАЛИ И ЧУГУНА

25. Марганец — Manganum (Mn)

Известный естествоиспытатель и писатель древнего Рима, погибший при грандиозном извержении Везувия 24 августа 79 года, Плиний Старший указывал на чудесную способность черного порошка осветлять стекло. Давно это вещество, дающее при размалывании черный порошок, называется пиролюзитом, или двуокисью марганца. О способности пиролюзита очищать стекло писал в 1540 г. и Ваноччио Бирингуччио. Пиролюзит является важнейшей рудой для получения марганца — металла, потребляемого, главным образом, металлургией.

Марганец содержится во всех видах стали и чугуна. Способность марганца давать сплавы с большинством известных металлов используется для получения не только различных сортов марганцевой стали, но и большого числа нежелезных сплавов (манганинов). Из них особенно замечательными являются сплавы марганца с медью (марганцевая бронза). Она, подобно стали, может закаляться и в то же время намагничиваться, хотя ни марганец, ни медь не обнаруживают заметных магнитных свойств.

Интересными свойствами обладает сплав, называемый нормальным манганином, содержащий 11—13% марганца, 2,5—3,5% никеля и 86% меди. Отличаясь высоким электросопротивлением и малой термоэлектродвижущей силой в паре с медью, этот сплав особенно пригоден для изготовления катушек сопротивления. Способность манганина изменять сопротивление в зависимости от давления, под которым находится сплав, используется при изготовлении электрических манометров. В самом деле, чем измерить давление, например, в 15—25—30 тысяч атмосфер? Никакой обычный манометр не может выдержать такого давления. Жидкость или газ вырываются сквозь стенки

трубки, как бы прочны они ни были, с силою взрыва. Иногда даже не удается найти микроотверстий, через которые прорывается содержимое манометрической трубки. В этих случаях манганин является незаменимым. Измеряя электрическое сопротивление манганина, находящегося под определяемым давлением, можно по заранее вычерченному графику зависимости сопротивления от давления вычислить последнее с любой степенью точности.

Из соединений марганца, нашедших применение в практической деятельности человека, следует указать на двуокись марганца и марганцевокислый калий (перманганат калия), наиболее известного, особенно у медиков, под названием «марганцовки». Двуокись марганца находит применение в гальванических элементах типа Лекланше, получении хлора, приготовлении каталитических смесей (гопкалит в противогасах). Марганцевокислый калий широко применяется в медицине, как антисептическое средство для промывания ран, смазывания ожогов и т. д., для промывания желудка при отравлении фосфором, алкалоидами, солями синильной кислоты. Также широко применяется перманганат калия в химии при аналитических исследованиях, получении хлора, кислорода и др.

Природа богата марганцем. Его меньше, чем железа, но больше, чем хрома. Он распространен примерно так же, как сера или фосфор. Богатые залежи марганцевых руд находятся в Индии, Бразилии, Западной и Южной Африке.

Первое место в мире по запасам промышленных марганцевых руд занимает Советский Союз. Богатейшие месторождения (пиролюзит) находятся в Грузии, в окрестностях Чиатуры, богатые залежи имеются также на Украине. На Урале имеются залежи орлеца, или родонита, который по составу представляет соль марганца и кремниевой кислоты. Этот минерал нежно-розового цвета (отсюда название: родонит от греческого «родон» — роза), хорошо полируется и часто применяется для облицовки. Родонит, по-видимому, был известен еще в древней Руси под названием бакана. Родонит следует считать русским камнем, потому что нигде в других местах Земли он не встречается в таких скоплениях и не отличается такой красотой, как на Урале. Изделия из родонита хранятся в Эрмитаже, в Петропавловском соборе в Ленинграде, в отделках подземных дворцов Московского митрополита. Колонны

станции «Площадь Маяковского» украшены каймой родонита красивого малинового цвета.

Марганец был получен в 1807 г. Это — серый с розоватым отливом, твердый, но хрупкий металл. Удельный вес марганца 7,4. Температура плавления (1250°) ниже, чем у железа. На воздухе, особенно влажном, марганец покрывается тонкой пленкой окислов. Большая активность марганца при взаимодействии с серой, кислородом и фосфором используется при выплавке стали, которую марганец очищает от сернистых и фосфорных соединений.

↑ Марганец — биоэлемент, в ничтожных количествах он необходим для нормального развития организмов. Некоторые животные и растительные организмы накапливают марганец (ржавчинные грибы, морская трава, водяной орех — до 1%). Наибольшее количество марганца накапливают в себе некоторые бактерии (до нескольких процентов от собственного веса). В крови человека содержится от 0,002 до 0,003% марганца. Суточная потребность человека в марганце не превышает 3—5 мг. Δ

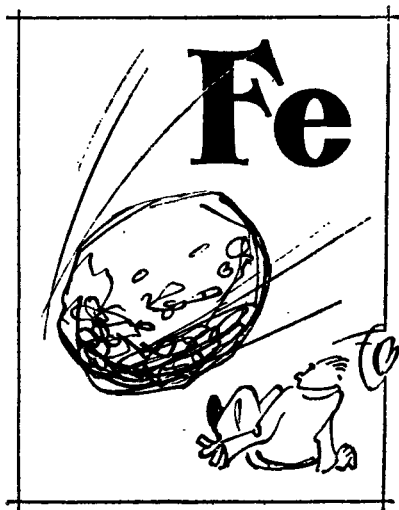
От слова «магнезия» получили свои названия марганец и магний. Происхождение наименования двух химических элементов от одного и того же слова объясняется тем, что пиролюзит долгое время противопоставлялся белой магнезии и назывался черной магнезией. После получения металла в чистом виде марганец был переименован. В основу названия было положено греческое слово «манганезе», что значило очищать — намек на его применение в древности в качестве «очистителя» стекла. Некоторые исследователи считают, что название элемента произошло от латинского слова «магнес» — магнит, так как пиролюзит, из которого добывают марганец, считался в древности разновидностью того вещества, которое теперь называется магнитным железняком.

ГДЕ КРОВЬ, ТАМ И ЖЕЛЕЗО

26. Железо — Ferrum (Fe)

В таблице элементов Менделеева трудно найти какой-либо другой элемент, с которым так неразрывно связывалась бы жизнь всего человечества.

Читатель, очевидно, догадывается и хочет подсказать название этого элемента — железо. Да, железо — важнейший строительный материал мироздания. Железо есть всюду. Астрономы при помощи спектрального анализа находят железо в раскаленных атмосферах бесчисленных далеких и близких звезд. Геофизики утверждают, что ядро земного шара состоит из железа с примесью похожих на него металлов — никеля и кобальта; земная же



кора не больше как легкая окалина, которая, как подсчитали геохимики, на 4,5% состоит из железа. На поверхности Земли железо распространено повсеместно. Оно находится почти во всех глинах, песках, горных породах. В некоторых местностях оно образует мощное скопление руд, из которых, например, на Урале, состоят целые горы — Бакан, Высокая, Магнитная и др. Агрономы повсеместно находят железо в почвах. Биохимики раскрывают огромную роль железа в жизни растений, животных и человека.

Входя в состав гемоглобина, железо обуславливает красный цвет этого вещества, от которого, в свою очередь, зависит цвет крови. В организме взрослого человека содержится 3 грамма железа, из которых 75% входят в состав гемоглобина, благодаря которому осуществляется важнейший биологический процесс — дыхание. В организмах животных и человека железо распространено «повсеместно»: даже в тканях глазного хрусталика и роговицы, совершенно лишенных кровеносных сосудов, содержится железо. Наиболее богаты железом печень и селезенка.

Существует много живых организмов без гемоглобина, однако и в них содержится железо. Оно входит в состав протоплазмы, в которой при участии железа осуществляется необходимый процесс внутриклеточного дыхания.

Железо необходимо и для растений. Оно участвует в окислительных процессах протоплазмы, при дыхании растений и в построении хлорофилла, хотя само и не входит в его состав.

Растения, искусственно лишенные железа, имеют бесцветные листья, при добавлении незначительного количества железной соли к воде, питающей растения, листья вскоре становятся зелеными. Больше того, достаточно бесцветный лист смазать очень слабым раствором железной соли, как смазанное место вскоре зазеленеет.

Издавна железо применяется в медицине при лечении малокровия, при истощении, упадке сил.

Знакомство человека с железом произошло в давние времена. Есть основания полагать, что образцы железа, которые держали в руках первобытные люди, были неземного происхождения. Входя в состав некоторых метеоритов — вечных странников океана Вселенной, случайно нашедших приют на нашей планете, — метеоритное железо было тем материалом, из которого человек изготовил первые железные изделия. Прошли многие сотни и тысячи лет, прежде чем человек научился добывать железо из руды. С того момента началась эпоха железа, которая длится и до настоящего времени.

Как уже указывалось, железо в самородном состоянии встречается на Земле, главным образом, в виде метеоритного, «космического» железа. Самый крупный в мире железный метеорит, который наблюдали при падении, находится у нас, в Москве, в Метеоритном музее Академии наук СССР. При падении (18 октября 1916 г. вблизи с. Богуславки, Дальневосточного края) метеорит разбился. Два осколка, найденные специальной экспедицией, весят 256 килограммов. Однако в метеоритах железо не является абсолютно чистым. В большинстве случаев в них содержатся никель, кобальт и некоторые другие элементы. В среднем железные метеориты содержат в себе 90% железа, 8,5% никеля, 0,5% кобальта и 1% других элементов. Метеоритное железо, в отличие от земного, хорошо куется только в холодном состоянии. Метеоритное железо отличается от чистого земного, весьма редко встречающегося в некоторых базальтовых породах, внутренним строением. При действии кислоты на полированную поверхность железного метеорита появляется характерный узор,

несколько напоминающий ледяной рисунок на оконных стеклах.

Знаменитое «палласово железо», названное так по имени нашедшего его путешественника и естествоиспытателя П. С. Палласа, представляет один из крупнейших в мире железо-каменных метеоритов. По своему строению он напоминает железную губку, поры которой заполнены стекловидным минералом — оливином.

✓ Самым крупным из железных метеоритов, падения которого в историческое время не наблюдали, является найденный в 1920 г. в Юго-Западной Африке метеорит «Гоба», весом около 60 тонн. Несколько меньший по весу железный метеорит был обнаружен в 1896 г. во льдах Гренландии известным американским полярным путешественником Робертом Пири. Этот метеорит весил 33 тонны. С величайшим трудом он был доставлен в Нью-Йорк, где и хранится до сих пор.

✓ Ежегодно на поверхность Земли из глубины мирового пространства выпадает до 3000 тонн метеоритного вещества, железо которого обогащает Землю этим элементом. Однако в истории известны случаи и более мощного обогащения Земли железом. Так, например, в 1891 г. в Аризонской пустыне была обнаружена огромная воронка неизвестного происхождения. Поперечник ее был равен 1200 метрам, глубина — около 175 метров. Изучение воронки показало, что она образована исполинским железным метеоритом, когда-то упавшим здесь. Любитель астрономии, инженер по профессии, Баррингер с большим трудом сумел организовать акционерное общество по использованию железного метеорита для промышленных целей. Американские бизнесмены были соблазнены жадной наживы: был пущен слух, что в осколках Аризонского метеорита обнаружена платина. Однако основная масса метеорита лежала глубоко под землей. Алмазный бур, дойдя до основной массы метеорита, лежащей на глубине 420 метров, сломался, а капиталисты, не найдя в образцах пробуренной породы платины, прекратили работы. Аризонский метеорит, по расчетам ученых, весил несколько десятков тысяч тонн. Он упал в доисторическое время.

30 июня 1908 г. упал знаменитый Гунгусский метеорит, огромную работу по отысканию которого провел неутомимый путешественник, ученый и герой Великой Отечественной войны Л. А. Кулик. По размерам разрушений,

которые произвел этот метеорит при падении в тайге, известный советский астроном И. С. Астапович рассчитал его массу. Она оказалась колоссальной. Метеорит весил 50 тысяч тонн.

Расчеты астрономов показывают, что такие крупные метеориты, как Тунгусский, падают на Землю раз в тысячелетие. Если же учесть, что возраст Земли исчисляется в 3 миллиарда лет¹, то общая масса железа, внесенная такими метеоритами в «экономику» Земли, составляет 150 миллиардов тонн. При ежегодном мировом потреблении железа в 200 000 000 тонн, метеоритного железа хватило бы человечеству более чем на 750 лет. Такое количество железа ежегодно добывается человеком из важнейших железных руд. Месторождения железных руд составляют одно из главнейших богатств каждой страны. История развития капитализма содержит немало страниц, написанных кровью, пролитой в борьбе за обладание железными месторождениями. И в этой борьбе, проходившей на различных этапах истории, за различные идеалы — то лживые и низменные, то возвышенные и правдивые, — железо являлось главным материалом, из которого изготовлялись орудия уничтожения людей.

В годы двух последних мировых войн, во время некоторых сражений, железо расходовалось в огромных количествах. Во время первой мировой войны одна только Германия выбрасывала в снарядах, бомбах, минах, гранатах и других изделиях милитаризма до 10 миллионов тонн металла в год. Это в два с половиной раза превосходило годовую выплавку чугуна царской России. Сотни тысяч тонн железа, добытых из недр земли и превращенных в артиллерийские снаряды, были рассеяны смертоносными осколками на полях войны. О величине этого «посева» могут дать представление следующие количества снарядов, выброшенных в течение войны основными воюющими государствами: Россия — 50 млн., Англия — 170 млн., Германия — 272 млн., Франция — 200 млн. (по двум калибрам — 75 и 150 мм).

В ходе войны были дни и даже часы, в течение которых выбрасывались сотни и даже... миллионы снарядов. Так, например, англичане за 4 дня боев при Аррасе израсходо-

¹ По И. С. Старикю и А. П. Виноградову — от 3,5 до 5 млрд. лет.

вали в 1917 г. 10 миллионов снарядов. Один миллион снарядов выбросили американцы в сражении при Сан-Мишель за... 4 часа! Только под стенами французской крепости Верден было распылено в железный прах не менее трех миллионов тонн железа.

Не менее расточительна была трата железа и во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Чтобы судить о масштабах расхода железа в сражениях минувшей войны, достаточно указать одну цифру — миллион бомб, сброшенных фашистской авиацией на Сталинград во время борьбы за этот город.

Но железо — не только борьба, война, разрушения; железо — металл созидания. Железо — основа всей металлургии, машиностроения, железнодорожного транспорта, судостроения, графдиозных инженерных сооружений — от башни Эйфеля до ажуря железнодорожных мостов.

Все, все — начиная от швейной иглы, гвоздя, топора и кончая паутиной железных дорог, плавающими крепостями — авианосцами и линкорами и огнедышащими домнами, где рождается само железо — состоит из железа.

О величине потребности в железе можно судить по объему производства важнейших видов промышленной продукции, определяемого контрольными цифрами развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 годы, в соответствии с которыми «производство чугуна намечается довести в 1965 г. до 65—70 миллионов тонн, стали — до 86—91 миллиона тонн, проката — до 67—70 миллионов тонн»¹. А через 20 лет—250 млн. тонн. (Программа КПСС).

Химически чистое железо — серебристо-серый, блестящий, пластичный, по внешнему виду очень похожий на платину, металл. Оно устойчиво против коррозии и хорошо сопротивляется действию кислот. Однако ничтожные примеси лишают железо этих драгоценных свойств, и на земном шаре ежегодно теряется такое количество железа, которое равняется почти четверти его годовой добычи. Удельный вес железа 7,87. При температуре 1539° железо плавится, а при 2740° — кипит. Чистое железо легко намагничивается и размагничивается.

Название железа происходит от санскритского слова «гала», что означало металл, руда. Научное название элемента произошло от латинского слова «феррум» — железо.

¹ Н. С. Хрущев. О контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 годы. Госполитиздат, 1959, стр. 22.

МЕТАЛЛ ЧУДЕСНЫХ СПЛАВОВ

27. Кобальт — Cobaltum (Co)

Старейший свердловский врач-столаринголог В. Б. Бродовский приехал в Институт физики металлов Уральского филиала Академии наук с необычной просьбой. Он просил срочно изготовить несколько мощных постоянных магнитов в виде длинной и прочной проволоки. Такой магнит потребовался врачу, чтобы спасти жизнь маленькому пациенту, у которого глубоко в бронхе находился гвоздь. Попытка удаления гвоздя через бронхоскопическую трубку не удалась. Гвоздь глубоко вошел в стенку бронха, и захватить гвоздь за шляпку с помощью специальных щипцов оказалось невозможным. Через несколько часов в лаборатории магнитных сплавов были изготовлены мощные магниты из специального материала, с помощью которых гвоздь был извлечен, и жизнь ребенка была спасена. Приведенный случай описан на страницах «Огонька» (№ 7, 1957 г.).

Специальный сплав, из которого был изготовлен магнит, содержал один из интереснейших металлов — кобальт. Этот металл применяется для изготовления сплавов с разнообразными и поистине чудесными свойствами. Например, сплав для изготовления постоянных магнитов — «кобальтовая сталь» содержит 15% кобальта, 5—9% хрома, по 1% вольфрама и углерода. В магнитном сплаве «пермендюр» на долю кобальта приходится 49%.

Помимо сплавов для выработки магнитопроводов, сердечников, постоянных магнитов, применяющихся в медицине, с помощью добавок кобальта получают жароупорные, кислотоустойчивые, химически инертные, сверхпрочные и другие замечательные сплавы. Так, например, сплав «остеллит», содержащий 35% кобальта, столько же хрома, 15% вольфрама, 13% железа и 2% углерода, имеющий большую твердость, применяется для изготовления наконечников резцов, сверл, долот и т. п. Сверхтвердые сплавы («победит» и др.), содержащие от 78 до 88% вольфрама, 5—6% углерода и от 6 до 15% кобальта, представляют собой цементированные кобальтом карбиды вольфрама, которые сохраняют свою твердость даже при температурах в 1000 градусов.

При высоких температурах не только инструментальная быстрорежущая сталь, но даже и стеллит заметно уменьшают свою твердость. Сверхтвердые сплавы допускают огромные скорости обработки металла, невозможные для сплавов, не содержащих кобальта. Так называемый «ковар», имея одинаковый со стеклом коэффициент расширения, обладает высокой устойчивостью к ртутным парам. Эти свойства дают возможность впаивать «ковар» в стекло, что весьма важно для изготовления электрорадиоаппаратуры и новых источников света.

В природе кобальт встречается, главным образом, в виде соединений в целом ряде минералов. Из них наиболее распространенными являются смальтит (соединение кобальта с мышьяком) и кобальтовый блеск (соединение кобальта с мышьяком и серой). На долю кобальта приходится 0,001% от общего числа атомов земной коры.

В чистом виде кобальт представляет тягучий, ковкий, внешне похожий на железо металл, более устойчивый к действию воды, воздуха и кислот, чем железо.

Кобальт играет важную роль в биологических процессах. Отсутствие кобальта в пище некоторых животных ведет к серьезным расстройствам их жизнедеятельности.

Кобальт входит в состав витамина B_{12} , в котором содержится 4,5% кобальта. Это единственный витамин, в состав которого входит металл. Биологическая роль этого витамина очень велика. При отсутствии в организме витамина B_{12} развивается злокачественное малокровие. Витамин B_{12} потребляется и микробами, в том числе теми, которые живут в кишечнике человека. Однако у здоровых людей желудочный сок содержит особое вещество (белок-апоэритеин), которое, соединяясь с витамином B_{12} , образует новое вещество (эритеин), не воспринимаемое микробами. В некоторых случаях нарушения работы желудка апоэритеин исчезает из желудочного сока, и поступающий с пищей витамин B_{12} , поглощаясь микробами кишечника, в организм человека не поступает, что и ведет к заболеванию злокачественным малокровием.

В настоящее время витамин B_{12} применяют не только для лечения злокачественного малокровия, а также ряда других заболеваний (астмы, невралгии, сухотки спинного мозга и др.).

В последнее время изотоп кобальта (кобальт с атомным весом 60) используется в медицине как заменитель радия.

Облучая в ядерном реакторе металлический кобальт нейтронами, получают радиоактивный кобальт с активностью, соответствующей активности сотен и тысяч граммов радия (на всей Земле добыто не более 1000 г радия). Опыт применения радиоактивного кобальта показал, что его свойства более подходящи для лечебных целей, чем свойства радия. Он дает более однородное по своей энергии гамма-излучение, а бета-лучи кобальта легче поглощаются, чем у радия. Поэтому при лечении кобальтом достигаются гораздо лучшие результаты, чем при лечении радием. Распадается радиоактивный кобальт сравнительно медленно: только через 5 лет и 109 с половиной суток его активность снижается наполовину.

В зарубежной печати сообщалось о так называемой кобальтовой бомбе, представляющей собой водородную бомбу, оболочка которой сделана из кобальтового сплава или содержит в себе кобальтовые соединения. При взрыве такой бомбы освобождающиеся нейтроны реагируют с ядрами атомов кобальта и превращают их в атомы радиоактивного кобальта. Таким образом, радиоактивная пыль, образующаяся при взрыве кобальтовой бомбы, помимо «осколков» деления тяжелых атомов, получающихся, как правило, при взрыве ядерного и термоядерного оружия, будет обогащена и радиоактивным кобальтом.

Название «кобальт» употреблялось с конца XV в. Оно произошло от слова «коболт», что значит горный дух. Мифологическое название металла можно объяснить следующим образом. В природе кобальт встречается в мышьяковистых рудах, из которых нельзя получить его в чистом виде путем обжига, так как при обжиге этих соединений металл превращается в окисел. Так как средневековые рудокопы считали руду, не дающую при обжигании металла, изделием горного духа—коболта (англо-саксонская мифология), то это дало основание для одноименного названия и самого металла.

ЛОЖНАЯ МЕДЬ

28. Никель — *Niccolum* (Ni)

В 1751 г. шведский минералог и химик А. Кронштедт получил металл, который впоследствии назвали никелем, от слова «никель», что означает «ложная медь» (из-за сход-

ства некоторых природных соединений никеля с медными рудами). Значительно раньше европейцев познакомились с никелем китайцы.

В свободном состоянии никель встречается в метеоритах. Однако чаще никель находится в метеоритах в сплаве с железом, где количество никеля может достигать от 5 до 50 %.

На Земле никель почти всегда встречается совместно с кобальтом и, главным образом, в виде смеси соединений

никеля с кобальтом и мышьяком (купферникель), с мышьяком и серой (никелевый блеск), с железом, медью и серой (пентландит) и другими элементами. Наиболее крупные месторождения никеля находятся в Канаде, в Новой Каледонии. Советский Союз занимает первое место в мире по месторождениям никеля, которые встречаются в различных местах: на Урале, на Таймырском и Кольском полуостровах. На долю никеля приходится 0,003% от общего числа атомов земной коры.

Несмотря на то, что уральские месторождения были известны еще задолго до революции, в царской России не было никелевого производства. Никель ввозился из-за границы. Первый никелевый завод в СССР вступил в строй в 1934 г.

Получение чистого никеля из природных руд представляет большие трудности, так как приходится отделять никель от почти всегда сопутствующего ему кобальта. Никель и кобальт обладают многими общими свойствами. Так, удельный вес никеля (8,9) одинаков с удельным весом кобальта, атомный вес всего на 0,25 меньше, температура плавления никеля (1455°) на 40° ниже температуры плавления кобальта, теплопроводность никеля почти равна теплопроводности кобальта. Как и кобальт, никель притягивается магнитом.



В чистом виде никель — серебристо-белый, с легким желтоватым отсветом, металл, который, как и кобальт, хорошо куется и полируется.

Никель применяется для защиты металлов от окисления. Для этой цели электролитическим путем он наносится на поверхность защищаемого металла в виде тонкой пленки (никелирование). Такие никелированные предметы, как чайники, самовары, поручни и ручки в трамваях, автобусах, метро, известны каждому. Однако основное использование никеля — это получение различных сплавов, обладающих разнообразными и подчас просто «чудесными» свойствами.

Один из древнейших сплавов, известный за несколько веков до нашего летосчисления в Китае, в Европе в XIX в. получил название нового серебра (нейзильбер). Этот сплав никеля с медью и цинком, который действительно похож по ряду свойств на серебро, применяется при изготовлении столовой посуды (чайники, самовары, вилки, ложки), а также для выработки деталей машин (краны, вентили и др.) и их отделки.

Другой сплав никеля с медью и цинком, называется никелином. Он обладает большим электрическим сопротивлением и используется для изготовления реостатов, эталонных сопротивлений и т. д.

Сплав никеля, хрома, железа, и марганца с большим электрическим сопротивлением при высокой жароупорности, под названием нихрома применяется для изготовления спиралей различных электронагревательных приборов (плитки, утюги, кипятильники и т. д.).

Сплав никеля с железом, марганцем и углеродом, отличающийся очень малым температурным коэффициентом расширения (в 10 раз меньше, чем у железа), под именем инвара (неизменяемый) употребляется для изготовления точных измерительных приборов (маятников, мер длины и др.).

Сплав, содержащий 68% никеля, 28% меди, 2,5% железа и 1,5% марганца (монельметалл), обладает большой химической устойчивостью и применяется при изготовлении различной аппаратуры и частей ее для химических заводов.

Сталь платинит, в состав которой входит никель и углерод, имеет такой же коэффициент теплового расширения, как и стекло. Поэтому из нее изготавливают различные предметы, вплавляя металл в массу стекла (шприцы, электролампы, химическую аппаратуру и т. п.).

Никель, входя в известных сочетаниях с другими металлами в сталь, дает возможность получать стали с различными свойствами. Одни из сталей обладают необычайной прочностью, другие — вязкостью, третьи — устойчивостью к химическим реагентам и т. д.

Не менее широкое применение в технике находят сплавы «альни», «альнико» и другие, обладающие магнитными свойствами.

Сталь, в состав которой входит 9% никеля и 18% хрома, отличается высокой антикоррозионной стойкостью и под именем «нержавеющей» находит широкое применение для изготовления хирургических инструментов, предметов домашнего обихода и т. п. Нержавеющая сталь применяется в оформлении станций Московского метрополитена, в сооружении монументальной скульптуры (25 м высотой) «Рабочий и колхозница» для павильона СССР на международных выставках.

В некоторых государствах сплав никеля (25%) с медью (75%) используется для изготовления разменной мелкой монеты. Никель является поистине вездесущим металлом, чудесные сплавы которого находят с каждым днем все большее и большее применение.

В мелко раздробленном состоянии никель обладает высокой каталитической активностью. В чистом виде никель употребляется для изготовления лабораторной химической посуды (тигли, шпатели и др.).

Из соединений никеля важное практическое значение имеет окись никеля, используемая для изготовления щелочных железо-никелевых аккумуляторов. Хотя эти аккумуляторы и уступают свинцовым по величине электродвижущей силы ($\text{ЭДС} = 1,4 \text{ в}$), но зато выгодно отличаются от них меньшим весом, более продолжительным сроком работы и простотой в обращении.

ОДИН ИЗ ДРЕВНЕЙШИХ И ПОЛЕЗНЕЙШИХ

29. Медь — Cuprum (Cu)

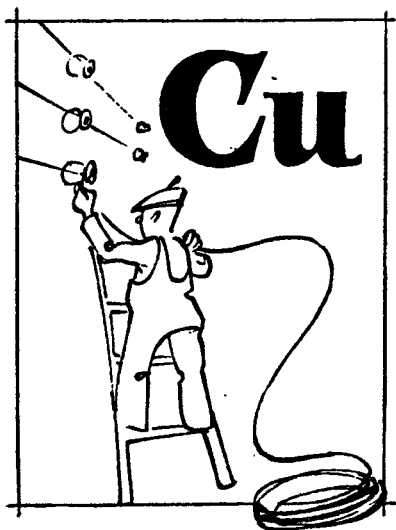
Первое знакомство человека с медью произошло, очевидно, в доисторические времена. В природе медь иногда встречается в самородном состоянии в виде отдельных

кристаллов, кусочков и крупных кусков. Самый крупный из когда-либо найденных самородков меди весит 420 тонн. Интересно отметить, что у некоторых крупных самородков меди, найденных еще в древности, иногда выступающие части обрублены... каменными топорами. Нетрудно представить, сколько усилий потратили первобытные люди для этой операции. Как известно, вначале человек освоил камень. Из камня он научился делать свои первые орудия и в том числе каменный топор. С помощью каменного топора впоследствии, возможно, был изготовлен... медный топор. Таким образом, медь стала одним из первых металлов, который человек начал применять в своей сознательной деятельности. Медь хорошо была известна в доисторические времена людям, населявшим районы Северной Америки. Там, на побережье Гудзонова залива и берегах Верхнего Озера, находили большие самородки меди и обрабатывали ее холодным способом. Этот способ обработки самородной меди сохранился у индейцев до времен Колумба.

Но самородки меди встречаются редко, и уже за несколько тысяч лет до нашей эры человек нашел способ получения меди из медных руд. У египтян, например, медь была известна очень давно и уже при первых фараонах (4000—5000 лет до н. э.) добыча меди производилась в рудниках Синайского полуострова. С глубокой древности известны медные руды на острове Кипр в Средиземном море. Ученые полагают, что научное название меди «купрум» происходит от наименования острова Кипр, где находились медные рудники древних римлян.

Древние медные копи найдены также в центре Европы, в Австрии (на Миттерберге). Они замечательны тем, что там были найдены каменные орудия, которыми разрабатывались эти копи. Этот факт дает повод считать некоторым ученым медный век не самостоятельной эпохой культуры между каменным и бронзовым веками, а лишь продолжением каменного века, в котором медь наряду с камнем употреблялась задолго до окончания каменного века. У нас, в районе нынешнего Донбасса и теперь уже затопленных Днепровских порогов находились небогатые месторождения меди. Предки древних славян, жившие в бассейне Дона и в Приднепровье, применяли ее для изготовления оружия, украшений и предметов домашнего обихода.

В СССР месторождения меди есть на Урале. Открытие промышленных месторождений меди в России связано с именем Никиты Демидова, основателя богатств семьи известных промышленников и крепостников. Об этом, между прочим, повествует надпись на огромном раскладном медном столе, хранящемся в музее Тагила: «Сия первая в России медь отыскана в Сибире... Никитою Демидовичем Демидовым по грамотам великого Государя Императора Петра Первого в 1702 и



1706 и 1709 годах, а из сей первовыплавленной меди зделан оный стол в 1715 году». Русское слово «медь», по мнению некоторых исследователей, произошло от слова «смида», которое у некоторых древних племен, населявших Европейскую часть современной территории СССР, обозначал вообще металл.

Опыт применения этого металла показывал людям древности малую твердость меди, что заставляло задумываться над способами улучшения ее качества. Случайное образование сплава меди с оловом при обработке некоторых руд, содержащих медь и олово вместе, не прошло мимо внимания первобытных металлургов. Преимущества полученного таким образом сплава послужили толчком к искусственному его воспроизводству.

Это открытие, по-видимому, было сделано в Месопотамии (Ирак), откуда впоследствии распространилось по странам Ближнего и Дальнего Востока. Название сплава меди с оловом — бронза, имеет значительно более позднее происхождение и связано с названием небольшого итальянского торгового городка Бриндизи на берегу Адриатического моря. Среди предметов торговли, проходивших через Бриндизи, были и изделия из сплава меди с оловом,

который назван бронзой от латинского «Эс бриндиси», т. е. медь из Бриндизи. Бронза тверже меди, более легкоплавка, устойчива на воздухе, легко полируется, хорошо отливается в формы.

В практическую деятельность человека вошла бронза, положив начало бронзовому веку. Изделия из бронзы отливались у ассирийцев, египтян, индусов и других народов древности. Однако цельные бронзовые статуи древние мастера научились отливать не раньше пятого века до нашей эры. Некоторые из этих произведений искусства достигали гигантских размеров. Таким, например, был разрушенный землетрясением в 223 г. до нашей эры Колосс Родосский — достопримечательность древнего порта Родоса, находившегося на одноименном самом восточном острове Эгейского моря. Созданный Харесом около 290 г. до н. э. в честь бога солнца Гелиоса, 32-метровый Колосс Родосский стоял над входом во внутреннюю гавань порта. Самые крупные суда свободно проходили под ним с развернутыми парусами.

Высокого мастерства в получении литья из бронзы достигли японцы. Достаточно указать на гигантскую статую Будды в храме Тодайдзи, весом более четырехсот тонн, отлитую в 749 г., чтобы судить, на каких высотах мастерства находились японские литейщики.

Дошедшие до наших дней статуи (Марк Аврелий, Дискоболы, Спящий сатир, Nikeя и др.) свидетельствуют о большом распространении и значении бронзы в искусстве древнего мира.

Медь широко использовалась для разнообразных нужд. По свидетельству историков древности, в Александрии изготавливали фальшивые «золотые» монеты. За 330 лет до нашей эры Аристотель писал: «В Индии добывают медь, которая отличается от золота только своим вкусом». Аристотель, конечно, ошибался, но следует, однако, отдать должное его наблюдательности. Вода из золотого сосуда, действительно, не имеет вкуса. Некоторые медные сплавы по внешнему виду трудно отличимы от золота, например, томпак. Однако жидкость в сосуде из такого сплава имеет металлический привкус. О таких подделках медных сплавов под золото, очевидно, и говорит Аристотель в своих произведениях.

Не только сама медь или медные сплавы, была известна древним. Химические анализы древних фресок, произве-

денные английским химиком Г. Дэви, показывают наличие в них уксуснокислой меди в виде зеленой яркой краски, известной с давних времен под названием ярь-медянки. Эта краска найдена в живописи терм (бань) римского императора Тита и в стенных фресках Помпеи. В списках товаров, вывозившихся из древней Александрии, значится «медная зелень», представлявшая, между прочим, предмет роскоши. С помощью этой краски древние модницы подводили зеленые круги под глазами — тогда такой «грим» считали красивым.

В чистом виде медь — это вязкий металл, красно-розового цвета с температурой плавления 1083° , большим удельным весом (9) и исключительно хорошей тепло- и электропроводностью. В этом отношении медь уступает только серебру. В 1940 г. мировое производство меди составляло около трех миллионов тонн. Цифра огромная, но она не должна удивлять. Попробуйте представить электротехнику без меди, а машиностроение — без медных сплавов.

✓ Медь — металл многочисленных сплавов. Вот, например, состав некоторых бронз: 90% меди и 10% олова — пушечный металл, еще сравнительно недавно он применялся для отливки артиллерийских орудий; сплав, содержащий 77—80% меди, 20—23% олова и 1—4% свинца под названием колокольного металла употреблялся для отливки колоколов; художественная бронза содержит 80—90% меди, 5—8% олова и 1—3% свинца; далее идут сплавы, известные под именем монетной бронзы, имеющие в разных странах разный состав. Более легкоплавкие, дешевые и прочные сплавы с цинком называются латунью. Обыкновенная латунь, или «желтая медь», содержащая 60—80% меди и 20—40% цинка, применяется для самых разнообразных технических и хозяйственных изделий. Сплавы: томпак, манганин, дельта-металл, «листовое золото», «новое серебро», константан и другие — все они содержат в себе медь.

Металлообрабатывающая, машиностроительная, химическая, стекольная промышленности, сельское хозяйство и ряд других отраслей практической деятельности человека являются потребителями меди. В капиталистических странах главным потребителем меди является военная промышленность. В годы жесточайшего кризиса в капиталистическом мире не испытывали затруднений только

предприятия, добывающие и перерабатывающие медь. Они готовили металл для войны. По сей день на полях битв в земле окисляются латунные гильзы, кусочки меди от снарядных поясков, солдатских котелков, деталей сбитых самолетов.

Несмотря на большие успехи в технике добычи и сравнительно большое содержание меди в земной коре (0,003% от общего числа атомов), с начала XX в. ощущается дефицит меди. Месторождения меди, используемые в промышленности, состоят, главным образом, из сульфидов — соединений меди с серой. Однако содержание меди в этих рудах редко превышает два процента. Извлечение меди поэтому возможно лишь после обогащения руды, т. е. искусственного увеличения процентного содержания соединений меди путем отделения пустой породы.

Сложный процесс переработки руд на металлическую медь заканчивается электролизом. Чистота электролитической меди превышает 99,9%. Побочным продуктом на дне электролизной ванны остаются примеси, сопровождающие медь, — золото, серебро, а иногда и платина. Эти «отходы» иногда окупают расходы электролиза.

Новейшим промышленным методом получения меди является подземное растворение медных руд. Известен этот метод сравнительно давно, но внедрен в промышленность лишь на трех месторождениях в мире. В пласт нагнетают разбавленную серную кислоту, раствор откачивают на поверхность и подвергают электролизу. В этом гидрометаллургическом способе, в известной мере, видна аналогия с подземной газификацией каменного угля, предложенной в свое время Д. И. Менделеевым и разработанной в практике советскими учеными.

Медь относится к числу биоэлементов. Являясь ускорителем внутриклеточных химических процессов, медь в небольших количествах необходима для нормального развития растений и животных. Из представителей животного мира наибольшие количества меди содержат осьминоги, устрицы и некоторые другие моллюски. Медь в крови некоторых ракообразных и головоногих играет ту же роль, что железо в крови других животных. Медь входит в состав их дыхательного пигмента — гемоцианина. Соединяясь с кислородом воздуха, это вещество синее, а отдавая кислород тканям, — обесцвечивается, т. е. выполняет функцию гемоглобина — переносчика кислорода.

Содержание меди в гемоглобине достигает 0,33—0,38%. У высших животных и человека медь содержится, главным образом, в печени. Недостаточное поступление меди с пищей, а ежедневная потребность в ней человека составляет 0,005 г, ведет к развитию малокровия, снижению гемоглобина, слабости и т. д. Медь содержится в молоке. Интересно отметить, что клетки опухолей содержат весьма мало меди. И с этой точки зрения заслуживает внимания факт применения в народной медицине соединений меди для лечения опухолей.

Растворимые соединения меди ядовиты. Поэтому предметы хозяйственного обихода — самовары, чайники, кастрюли и т. д., сделанные из меди, покрывают внутри слоем олова — лудят. Олово защищает медь от растворения и предупреждает возможность пищевых отравлений.

УТРАЧЕННЫЙ И ВНОВЬ НАЙДЕННЫЙ

30. Цинк — Zincum (Zn)

Трудно представить что-либо общее между обыкновенным ведром, необходимым в домашнем обиходе, и... пудрой, находящейся в изящной пудренице на туалетном столике заправской модницы. А общее, тем не менее, в этих предметах есть. Это — цинк. В одном случае он тонким слоем покрывает стенки ведра и предохраняет железо от быстрого ржавления и порчи. В другом — тот же цинк, но в соединении с кислородом, в виде белого тонкого порошка, является составной частью пудры. Окись цинка — это пушистый порошок, крупинки которого при сильном увеличении напоминают паука с растопыренными лапками. Этими «лапками» частицы окиси цинка цепляются за шероховатости кожи, при напудривании лица. Пары цинка воспламеняются на воздухе с образованием густого белого дыма — окиси цинка. Окись цинка собирается, очищается от примесей и используется как составная часть пудры. Однако, что так просто описано, в реальном производстве выглядит куда сложнее: нужны машины для размола, тончайшие сита, очень чистый цинк, пахучие вещества, специальные жиры и многое другое. Да и сама пудра — не главная область применения цинка.

Большого количества окиси цинка требует фармацевтическая промышленность для изготовления присыпок, суспензий, гигиенических паст, различного рода мазей, пластырей и т. д. Широкое практическое применение находит окись цинка для изготовления белил, используемых в малярном деле, живописи, и т. д. Большие количества цинка расходуются на устройство гальванических элементов.

Цинк так прочно вошел в наш быт, что мы его просто не замечаем. А вместе с тем детская ванночка для купанья малыша, водосточная труба, корыто, крыши многих домов, садовые лейки, проволока для морских канатов, части мясорубок, машинки для чистки овощей изготовлены с применением цинка. Цинк есть в латунном кофейнике и ступке с пестиком для дробления корицы, орехов, приготовления сахарной пудры. В стенках блестящего самовара цинк спрятался под тоненькой пленкой никеля, он есть и в патроне для электрической лампочки, и в гильзе артиллерийского снаряда, и в различных деталях машин. Спички и галоши, целлулоидные игрушки и эмалированную посуду, акварельные краски для детей и даже картинку в книжке нельзя сделать без применения цинка или его соединений. Всюду цинк. В том числе и в организмах растений, животных и человека.

В биологическом отношении цинк весьма интересный элемент. Растениям для нормального роста и развития необходимы небольшие количества цинка. Но в некоторых растениях содержится много цинка. Так, в широко распространенном подорожнике содержится 0,02% цинка, фиалке — 0,05%. Развитие различных грибков, в том числе и дрожжевого, ускоряется в присутствии цинка. У некоторых беспозвоночных животных цинк играет ту же роль, что железо в крови у позвоночных. В ходе развития животного мира происходил своеобразный процесс выбора наилучшего переносчика кислорода в акте дыхания. Наиболее подходящим для этой цели оказалось железо. Однако у одних животных его роль выполняет медь, у других — цинк. Зола некоторых ракушек содержит до 10—15% цинка. В человеческом организме цинком особенно богаты зубы (0,02%), нервная система, печень.

Цинк известен уже давно. Латунь — сплав меди и цинка, знали еще древние. Затем сведения о цинке были утрачены, и только в 1721 г. саксонский металлург

И. Генкель, кстати говоря, у которого обучался металлургии М. В. Ломоносов, открыл способ получения цинка из руды. Название и химический знак цинка произошли от слова «цинкен», которым называли остатки в ретортах, где впоследствии был обнаружен цинк.

В чистом виде цинк — синева́то-бе́лый металл. Во влажном воздухе он покрывается тонкой пленкой окиси, предохраняющей его от дальнейших превращений.

Нагретый до $100\text{--}150^\circ$ цинк становится очень ковким и тягучим, а при 200° — настолько хрупким, что его можно истолочь в порошок.

Более половины добываемого в мире цинка расходуется на изготовление оцинкованного железа и оцинкованной проволоки для канатов.

Цинк не устойчив к действию кислот и щелочей и растворяется в них. Поэтому в оцинкованной посуде нельзя варить пищу, квасить капусту, огурцы или помидоры, хранить томат. Возможны очень опасные отравления, так как растворимые соединения цинка ядовиты.



ПЕРВЫЙ СВИДЕТЕЛЬ ГЕНИЯ МЕНДЕЛЕЕВА

31. Галлий — Gallium (Ga)

Когда Дмитрий Иванович Менделеев создавал свою систему химических элементов на основании открытого им периодического закона, в третьей группе периодической системы оставались свободные места. Их, по твердому убеждению Д. И. Менделеева, должны были занять неизвестные тогда элементы. Один из них в пятом ряду

Д. И. Менделеев назвал экаалюминием. Глубоко уверенный в справедливости созданной им системы элементов, Д. И. Менделеев не только предсказал существование экаалюминия, но и весьма точно описал свойства этого, никому не известного элемента. О «таинственном» экаалюминии Д. И. Менделеев писал в журнале Русского химического общества в 1871 г., что атомный вес экаалюминия близок к 68, его удельный вес около 6, температура плавления очень низка: в чистом виде этот металл должен плавиться в руке человека! Он должен быть открыт спектроскопически.

20 сентября 1875 г. на заседании Парижской Академии наук было зачитано письмо французского химика Лекок-де-Буабодрана об открытии при помощи спектрального анализа химического элемента, названного им в честь своей родины Франции — галлием. Вновь открытый элемент по всем своим свойствам был одинаков с экаалюминием. Замечательно то, что Буабодран вначале неверно определил удельный вес галлия, занизив его до цифры 4,7 против предсказанной Д. И. Менделеевым — «около 6,0». Д. И. Менделеев написал Буабодрану письмо, в котором указывал на допущенную ошибку. Буабодран тщательно повторил исследования и убедился, что русский химик, «профессор из С.-Петербурга, никогда не только не державший галлия в своих руках», но даже не выдавший его спектроскопически, оказался прав. Удельный вес галлия действительно был 5,94! «Я думаю... нет необходимости настаивать на огромном значении подтверждения теоретических выводов Менделеева...», — писал по этому поводу Лекок-де-Буабодран.

Открытие галлия следует считать подлинным торжеством науки. Галлий был первым химическим элементом, подтвердившим триумф периодического закона Д. И. Менделеева. Хотя галлия в природе в два раза больше скандия, он очень рассеян, и богатые им минералы неизвестны. Применение этот рассеянный и редкий элемент получил в самые последние годы. И это неудивительно: в цинковых рудах галлия содержится всего две тысячных доли процента, в наиболее богатой галлием пирииейской цинковой обманке — 0,5%, а самый богатый галлием минерал, германит, из Юго-Западной Африки содержит всего шесть десятых процента галлия. Поэтому-то стоимость одного грамма чистого галлия высока и все еще превышает десять руб-

лей. Применяют его для измерения высоких температур в кварцевых термометрах. Плавится галлий, как предсказал Д. И. Менделеев, в руке, при 30° , а кипит лишь при температуре выше двух тысяч градусов (2070°). Галлий, нанесенный на стекло, дает зеркала, сильно отражающие свет и выдерживающие нагревание до $500-600^\circ$.

ТРИУМФ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

32. Германий — Germanium (Ge)

В 1871 г. Д. И. Менделеев предсказал существование элемента, расположенного между галлием и мышьяком в пятом периоде и между кремнием и оловом в четвертой группе. Замечательно, что Д. И. Менделеев, назвав новый элемент экасилицием, предсказал не только свойства самого экасилиция и его окиси, что им было сделано в отношении экаалюминия и экабора, но также и некоторых его соединений. 15 лет спустя немецкий химик Винклер открыл элемент, названный им в честь своей родины германием. Свойства германия дали наилучшее совпадение со свойствами экасилиция.

Для наглядности свойства их сопоставлены ниже:

Экасилиций

Атомный вес 72,2
 Удельный вес 5,5
 Атомный объем 13
 Окись состоит из атома экасилиция и двух атомов кислорода

Удельный вес окиси 4,7
 Хлористое соединение состоит из атома экасилиция и четырех атомов хлора
 Удельный вес его 1,9
 Температура кипения его ниже 100°

Германий

Атомный вес 72,3
 Удельный вес 5,469
 Атомный объем 13,1
 Окись состоит из атома германия и двух атомов кислорода

Удельный вес окиси 4,703
 Хлористое соединение Δ состоит из атома германия и четырех атомов хлора
 Удельный вес его 1,887
 Температура кипения его 86°

Металлоорганическое соединение состоит из атома экасилиция, восьми атомов углерода и двадцати — водорода

Температура кипения его 160°

Удельный вес 0,96

Металлоорганическое соединение состоит из атома германия, восьми атомов углерода и двадцати — водорода

Температура кипения его 160°

Немного легче воды

Как видно, найденные Винклером числа почти полностью совпали с предсказанными. Сам Винклер, пораженный гениальностью русского химика, писал: «Вряд ли может существовать более яркое доказательство справедливости учения о периодичности элементов...».

Да! Открытие Д. И. Менделеева не имело себе равных в науке. Не случайно, оценивая это открытие, Ф. Энгельс сравнил его с научным подвигом. И если раньше на периодический закон многие крупнейшие ученые, современники Д. И. Менделеева, смотрели через призму скептицизма, то после опубликования работ Винклера по исследованию германия, в разных странах, как из сказочного рога изобилия, стали появляться один за другим претенденты, оспаривавшие у Д. И. Менделеева честь открытия периодического закона.

В книгах, изданных совсем недавно, в 1955 г., утверждают, что германий относится к «металлам будущего». Говорить о будущем не приходится. Уже сейчас заводы выпускают радиоприемники, в которых громоздкие и хрупкие радиолампы заменены полупроводниковыми триодами и диодами, изготовленными из германия. Эти полупроводники весят десятые доли грамма, а весь радиоприемник не превышает размеров папиросной коробки. Кристалл германия заменяет целые установки выпрямителей. Без германия не было бы радиолокаторов, с помощью которых можно за десятки километров обнаруживать летящий самолет, ледяную гору, плавающую в океане на пути кораблей, измерить расстояние до Луны.

Применение германия в полупроводниковой технике — разнообразно. Полупроводниковые приборы не только выпрямляют ток, усиливают радиоколебания, но и превращают тепловую энергию в электрическую. Первые генераторы такого рода были созданы советскими учеными уже в начале Великой Отечественной войны. Они имели

вид обыкновенных солдатских котелков и предназначались для питания раций партизанских отрядов, действовавших в тылу врага на временно оккупированных им территориях. Стоило только налить в такой «котелок» воды, нагреть ее на пламени костра и рация получала необходимый для работы ток.

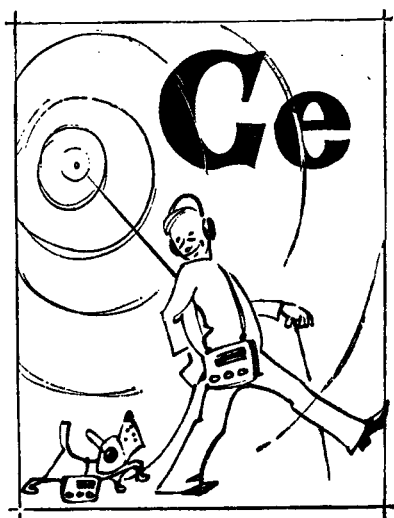
Портативные генераторы, надевающиеся на стекло обыкновенной 20-линейной керосиновой лампы, превращают излучаемое ею тепло в электрический ток, достаточный для питания радиоприемника.

Работами академика А. Ф. Иоффе доказана возможность использования полупроводниковых аппаратов для охлаждения летом и обогрева зимой целых квартир.

Германий — металл с очень высоким электрическим сопротивлением, в 57000 раз большим, чем у меди. С повышением чистоты металла сопротивление... возрастает. Можно назвать еще ряд свойств, которые ставят германий в ряд исключительных и весьма ценных металлов. Например, сплав германия с золотом сохраняет цвет золота и расширяется при охлаждении. Добавка двуокиси германия к стеклу позволяет получить оптические стекла с очень высоким показателем преломления.

Германий содержится всего лишь в двух очень редких минералах: аргиродите (минерал, состоящий из сернистого серебра и сернистого германия) и германите (основу минерала составляет сернистая медь и сернистый германий). Содержание германия в других источниках — золе некоторых каменных углей, цинковых рудах — очень мало.

Германию свойственна аллотропия, причем одна из аллотропных форм германия по своему внешнему виду напоминает металлы и называется металлической.



По многочисленным ступеням сложной обработки должны пройти тысячи тонн сырья, прежде чем из них будет выделено заметное количество чистого металла. С точки зрения полупроводниковой техники это абсолютно грязный и совершенно не обладающий свойствами полупроводников материал. Для радиотехники необходим германий, в котором примеси не должны превышать десятимиллионных долей процента. Иными словами, на миллиард атомов германия может приходиться... один атом примесей! Наличие в десяти миллионах атомов германия только одного атома мышьяка, фосфора или сурьмы сильно снижает его полупроводниковые свойства.

Распылением германия в земной коре и трудностями получения его в чистом виде объясняется малое производство германия при столь ценных его свойствах. Например, в 1946 г. выпуск германия в США составлял всего лишь 800 килограммов.

Чешские журналисты Ганзелка и Зикмунд — авторы популярной книги «Африка грез и действительности» и увлекательного фильма «По Африке» — показали еще одну причину малого производства германия. Во время посещения медного рудника в Конго (Южная Африка) они были в районе, который богат редким минералом германитом (район Тсумеб). Когда экскурсия закончилась, в присутствии журналистов произошел следующий разговор:

«А сколько германия вы здесь получаете ежегодно?» — спросил внезапно директора профессор Нокс...

«Одну тонну в год», — сказал тот и быстро добавил, как бы желая предупредить дальнейший вопрос любопытного англичанина: «Из наличных запасов мы могли бы производить и 100 тонн, однако мы не делаем этого, чтобы мировые цены не полетели вниз». Причина не столько в геологических особенностях германия, сколько в существовании капиталистической конкуренции. Техника не получает достаточных количеств германия по той простой причине, что капиталисты препятствуют снижению цен на германий. Но уже не диво радиоприемник величиной с большую пуговицу.

Пилуля, созданная ученым ГДР Манфредом Арденне для изучения работы желудочно-кишечного канала человека, содержит в себе не только крохотный радиоприем-

ник, но и микроскопические приборы, определяющие температуру, величину кислотности желудочного сока, давление стенок желудка и кишок! Эта пилюля не только рекорд миниатюрного прибора, но и несомненный триумф современной радиотехники. Этот успех достигнут благодаря германию. Не меньшим триумфом идей великого Менделеева было и само открытие германия.

«МЫШИНЫЙ» ЯД

33. Мышьяк — Arsenicum (As)

«Мышьим» ядом в древней Руси называли белый, легкий, похожий на муку, сладковатый на вкус порошок, с помощью которого уничтожали мышей, крыс и других мелких грызунов. От сочетания двух слов с течением времени произошло одно — мышьяк. Этим именем русские химики называют элемент, ядовитые соединения которого задолго до его получения в чистом виде, были известны древней Греции, Китаю и другим странам. Ядовитые соединения мышьяка за сильное, безотказное действие на организм мышьяковистых соединений греки называли «мужественными», «сильными». От такого значения греческих слов произошли латинское название и химический символ мышьяка — арсеникум (сильный).

В древности были известны сернистые соединения мышьяка золотисто-желтого (аурипигмент) и темно-красного (реальгар) цвета, употреблявшиеся как красящие и лекарственные средства. В I веке нашего летосчисления греческий врач Диоскорид описал получение белого мышьяка путем обжигания аурипигмента. В свободном виде мышьяк был получен в 1250 г. немецким алхимиком Альбертом Магнусом (Великим). Однако это утверждение предположительно, так как еще до Альберта Великого алхимики уже пользовались природными соединениями мышьяка.

Некоторые из алхимиков считали мышьяк одной из составных частей металлов. Поводом для такого взгляда послужил факт частого нахождения сернистых соединений мышьяка вместе с другими металлами, а также способ-

ность меди «облагораживаться» при взаимодействии с мышьяком с образованием соединения, окрашенного в светлый цвет. Очевидно, им был известен и самородный мышьяк.

Имеется несколько разновидностей мышьяка, из которых обычными и наиболее устойчивыми являются серая и металлическая. Последнее название дано мышьяку за металлический блеск и электропроводность (хотя и слабую). Однако в отличие от настоящих металлов мышьяк весьма хрупок. Температура его плавления выше температуры кипения, так что мышьяк при нагревании улетучивается, не плавясь. Заметное испарение мышьяка начинается при нагревании до 180° . При дальнейшем нагревании (в отсутствие воздуха) мышьяк образует тяжелый газ, обладающий неприятным чесночным запахом.

В обычных условиях мышьяк — малоактивный элемент. При нагревании мышьяк становится реакционно деятельным, образуя соединения с серой, хлором и другими галогенами. С кислородом мышьяк образует мышьяковистый ангидрид, который за свои ядовитые свойства с давних пор получил широкую известность; это соединение является одним из самых старых ядов.

Ядовитые свойства соединений мышьяка создали ему мрачную славу излюбленного средства тайных убийц, начиная от ординарных уголовных преступников до императоров и королей. С помощью мышьяка тюремные служители нередко освобождались от «государственных» преступников; очень часто мышьяк играл, хотя и невидимую, но важную роль в интригах царедворцев; некоторым царям, королям и императорам мышьяк помогал устранить опасных претендентов на трон.

Широкое применение мышьяка для уничтожения тараканов, мышей и крыс создало ему повсеместную известность. Исключительная доступность (он продавался не только в аптеках, но и москательных лавках) и недоказуемость отравления мышьяком (не были известны реакции его обнаружения) часто вели к преступным отравлениям. Особенно часты были случаи отравлений в деревнях царской России. Различного рода «приворотные» и «отворотные» снадобья очень часто содержали в себе мышьяк. Известны случаи массового отравления людей — участников рождественских елок. При горении свечей, окра-

шенных в зеленый цвет швейнфуртской зелены, содержащей мышьяковистую медь, образуется ядовитый мышьяковистый дым, вдыхание которого и ведет к отравлению.

После того как английский химик Марш разработал и ввел в 1836 г. в практику чувствительный способ обнаружения мышьяка, случаи умышленного отравления мышьяком начинают встречаться все реже и реже. Мышьяк оставлял слишком заметные следы, чтобы им можно было, как раньше, пользоваться без всякого риска. Мышьяк по способу Марша обнаруживается в количествах до семидесятимиллионных грамма. О степени чувствительности способа Марша можно судить по следующему примеру: с помощью способа Марша однажды мышьяк был обнаружен в земле кладбища, где 20 лет тому назад был захоронен труп человека, отравившегося соединением мышьяка.

Мышьяк — сильный яд для животных и микроорганизмов, однако для некоторых видов плесени соединения мышьяка являются материалом, обеспечивающим их жизнедеятельность. Эта плесень живет за счет кислорода мышьяковистых соединений, переводя их в один из сильнейших ядов неорганической химии — мышьяковистый водород. Мышьяковистый водород — газ, обладающий неприятным чесночным запахом и сильнейшей ядовитостью. Жертвой мышьяковистого водорода стали многие химики. При работе с этим газом погиб, например, известный химик Гелен (1815).

Мышьяк относится к ядам, к которым при медленном и постепенном поступлении в организм вырабатывается иммунитет. Известны случаи, когда привычные потребители мышьяка принимали сразу дозы, в несколько раз превышающие смертельную, и оставались здоровыми. Опыты на животных показали своеобразие этой привычки. Оказалось, что животное, привыкшее к мышьяку при его употреблении, быстро погибает, если значительно меньшая доза вводится в кровь или под кожу.

Мышьяк в незначительных количествах встречается в животных организмах. Впервые присутствие мышьяка было обнаружено французским ученым Орфили в 1838 г. Функция мышьяка в организме не выяснена. Возможно, что он является стимулятором развития. В пользу этого говорят факты благотворного действия на организм малых

доз мышьяка при некоторых заболеваниях (малокровии, потере аппетита, нервных, кожных и других).

Получив мрачную славу сильного яда, мышьяк, однако, заслужил репутацию блестящего лечебного средства. Крупнейшему немецкому бактериологу и биохимику Паулю Эрлиху совместно с японским ученым-химиком Хата удалось создать на основе мышьяковистого соединения препарат, победивший тяжелую и до этого считавшуюся неизлечимой болезнь — сифилис. На протяжении многих веков человечество платило дань этой болезни. Некоторые народности, особенно стоявшие на низких ступенях культурного развития, вырождались и буквально вымирали от действия сифилитического яда, который вырабатывался простейшим микроорганизмом, — возбудителем болезни.

И вот после шестисот пяти неудачных синтезов было получено шестьсот шестое мышьяковистое вещество, которое, будучи почти неядовитым для организма человека, убивало возбудителя сифилиса. По числу удачного синтеза это вещество стали называть «606», или сальварсан, что означало: «Да здравствует мышьяк!». Этим названием желали показать, что мышьяк, излюбленный яд тайных убийц, вещество стяжавшее себе славу сильного и безотказно действующего яда, в руках науки превратилось в благородное лекарство, излечивающее от страшной болезни.

В настоящее время существует ряд препаратов, содержащих мышьяк для лечения не только сифилиса, но и других тяжелых болезней человека и животных (возвратного тифа, сонной болезни и др.). Соединения мышьяка употребляются в зубоврачебной практике для умерщвления нервов. В первую мировую войну было «изобретено» большое количество различных отравляющих веществ, среди которых видное место заняли так называемые раздражающие ОВ мышьяковой природы. В отличие от тайных убийц, действовавших анонимно, убийцы-«изобретатели» ОВ стремились закрепить свои имена в названиях изобретаемых ими ядов. Таков, например, адамсит, носящий имя американского химика Адамса. Таков льюизит, названный по имени полковника американской армии Льюиса. Это ОВ, к счастью, не нашло применения, оно было «изобретено» в конце войны и за свою страшную ядо-

витость знатоком ядов, генералом Фрайсом, было названо «росою смерти».

Нет сомнения, что и среди современных политиков с «позиции силы» есть такие, которые уповают на прославленную тайными и явными убийцами губительную силу мышьяка.

Но народы, стоящие за мир, видят в мышьяке средство не для разрушения и смерти, а для развития и процветания. Мышьяковистые соединения, помимо медицины, используются в стекольном, фарфоровом и фаянсовом производствах, при выделке кож и мехов. В сельском хозяйстве соединения мышьяка используются для борьбы с многочисленными вредителями сельскохозяйственных культур.

«ЛУННЫЙ ЭЛЕМЕНТ»

34. Селен — Selenium (Se)

Греческое слово «селене» означает луна. Свое название селен получил потому, что, подобно Луне, сопровождающей Землю в ее бесконечном путешествии во Вселенной, он всегда сопровождает другой химический элемент, теллур, названный так в честь Земли: «теллус» — земля. Селен был открыт и назван в 1817 г. шведским химиком Берцелиусом.

...Бурили очередную нефтяную скважину. С глубины около 1200 метров из скважины пошли стремительные потоки воды. Сотни тысяч кубометров бурным потоком стекали в ручей, из ручья — в глубокий овраг и далее — в небольшую речушку, на берегах которой росла сочная трава, служившая кормом для коровьего стада. Спустя некоторое время с коровами стало происходить что-то неладное. Деформировались рога, стала выпадать шерсть, появился насморк, копыта размягчились и превратились в бесформенные сбитые «култышки». Картину такого странного заболевания ветеринары наблюдали впервые и поэтому беспомощно разводили руками. На выручку пришли химики. Тщательное исследование травы и почвы,

на которой она росла, показало наличие небольших количеств селена. Откуда же он попал в почву? Все пути вели к воде. Оказалось, что соединения селена были в воде речушки, куда, очевидно, он попал вместе с водой из буровой скважины. Возник и другой вопрос. Не он ли виновник несчастья, случившегося с коровами? Ответ был утвердительным. Да, он!

Селен — сильный яд, действующий в организме, подобно мышьяку. При селеновом отравлении появляется головная боль, затылочный насморк, сыпь, выпадают волосы, размягчаются ногти и пр. Одно из профессиональных заболеваний, которому подвержены химики, работающие с соединениями селена, получило специальное название — «селеновый насморк». Запах селеноводорода отвратителен и трудно переносим. Этот запах образуется при хроническом отравлении организма селеном.

В чистом виде селен — твердое серое, с металлическим блеском вещество. Существует несколько модификаций селена. Селен устойчив при обычных условиях и по химическим свойствам похож на серу. Например, он энергично взаимодействует с фтором, хлором, при нагревании — с кислородом. В отличие от серы «металлическая» форма селена, хотя и слабо, но проводит электрический ток, причем электропроводность зависит от освещения. Этим свойством селена пользуются в электро- и радиотехнике. Большие количества селена расходуются на изготовление выпрямителей переменного тока. Селен используется при вулканизации каучука, в стекольной промышленности для обесцвечивания стекла, окрашенного солями железа. Требуется селен и в фотопромышленности, в физике и астрофизике для постройки точных приборов.

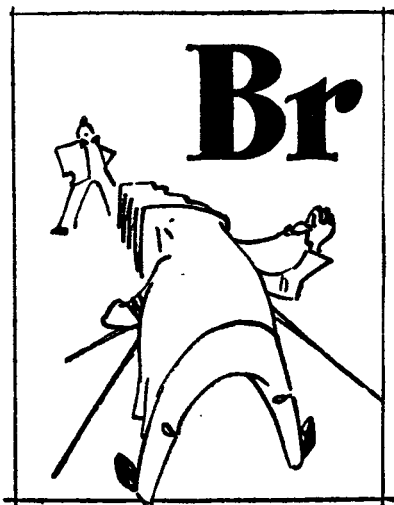
Природа сравнительно бедна селеном. В земной коре на долю атомов селена приходится не более одной стотысячной процента. Минералов, содержащих селен, в природе в значительных количествах почти не встречается. Минерал «селенит» с названием, созвучным селену, никакого отношения к нему не имеет. В селените нет селена. Селенит — это гипс, точнее — разновидность гипса, а гипс, как известно, состоит из кальция, серы, кислорода и воды. Основным источником получения селена являются отходы сернокислотного производства и осадки, образующиеся при очистке меди электролизом. Добыча селена во всем мире не превышает сотни тонн в год.

35. Бром — Bromum (Br)

О человеке, страдающем расстройством нервной системы, иногда говорят: «Он пьет бром» или «Врачи прописали ему бром». Этому невозможно верить! Бром пить нельзя. В чистом виде бром — очень ядовитая, темно-красная, почти бурая, тяжелая (уд. вес 3,1) жидкость, которая даже при обычной температуре быстро испаряется на воздухе. Пары брома имеют оранжево-бурый цвет, обладают специфическим удушающе едким запахом, сильно раздражающим слизистые оболочки. За запах бром получил и свое название от греческого слова «бромос», что значит «вонь», «зловоние», «зловонный». При ничтожных следах паров брома в воздухе человек получает тяжелое отравление. Поэтому бром не «пьют» и не «прописывают», как об этом обычно говорят в быту. Больному прописывают небольшие дозы солей брома — бромистого натрия или реже бромистого калия, обладающих успокаивающим действием на болезненно возбужденную нервную систему.

Бром — весьма активный элемент, способный непосредственно соединяться со многими металлами. В природе бром встречается только в виде соединений. Однако бром никогда не образует мощных пластов или залежей солей.

Каждый из нас пользовался соединениями брома, даже не подозревая об этом. Ведь без соединений брома невозможно получить ни одной фотографии. Фотопластинки, пленки и фотобумага покрыты тонким слоем желатина и бромистого серебра. Это соединение обладает большой чувствительностью к свету. Подвергаясь в фотокамере воздействию света, бромистое серебро в той или иной степени разлагается, в зависимости от степени освещенности фотографируемого предмета на бром и серебро. При обработке пленки получают негатив, с которого на фотобумаге печатают точную копию предмета. Без бромистого серебра трудно представить существование киноискусства, ряда точных наук. С помощью фотографии



человек не только познает, но и перестраивает природу. Фотографии обратной стороны Луны представляют космический вариант применения бромистого серебра.

Бром был открыт в 1826 г. молодым преподавателем колледжа города Монпелье Баларом. Открытие Балара сделало его имя известным всему миру. По этому поводу крупнейший немецкий химик Ю. Либих сказал: «Не Балар открыл бром, а бром открыл Балара».

Бром входит в состав слезоточивых отравляющих веществ, широко применявшихся в первую мировую войну. Ныне в Америке и других капиталистических странах бромосодержащие вещества использует полиция для разгона демонстраций трудящихся и борьбы с бастующими рабочими.

Основным источником бромистых соединений является вода соляных озер. Добывают бром из морской воды после ее сгущения испарением в мелководных бассейнах.

СКРЫТЫЙ ГАЗ

36. Криптон — Kryptonum (Kr)

После открытия инертных газов: аргона в 1894 г. и гелия в 1895 г. достаточно было посмотреть на периодическую систему Д. И. Менделеева, чтобы подтвердить возможность существования в природе других аналогичных газов. Один из авторов открытия аргона — Рамзай писал: «...они непременно должны быть найдены в атмосфере,

как бы мало ни было их количество». На отыскание их потребовалось несколько лет. В 1898 г. из воздуха был выделен газ неон, а вскоре за ним и другой инертный газ, названный за трудность его отыскания и выделения криптоном (по-гречески «криптос» — скрытый). Насколько трудно было его обнаружить, можно судить по тому, что в одном кубическом метре воздуха содержится всего лишь один миллилитр криптона. Объем менее наперстка! «Сырьем» для выделения первых порций этого газа послужили сто кубических сантиметров жидкого воздуха. К счастью, в этом же году было освоено получение жидкого воздуха в больших количествах, и это обеспечило успех Рамзая, нашедшего криптон.

Спектроскопическое исследование подтвердило заключение о новом элементе. «Скрытый» газ обладает такими линиями в спектре, которых не давало ни одно из известных тогда веществ.

Современная техника позволяет получать криптон из воздуха в значительных количествах, и есть все основания утверждать, что криптон скоро заменит инертный аргон в электрических лампочках. Лампочки, наполненные криптоном, еще более экономичны: при том же расходе энергии они дают больше света, лучше выдерживают перегрузку и значительно долговечнее обычных, наполненных смесью азота с аргоном. Это объясняется тем, что «массивные» малоподвижные молекулы криптона замедляют передачу тепла к стеклу лампы от накаленной нити и уменьшают испарение атомов вещества с ее поверхности.

Радиоактивный изотоп криптона — криптон-85, интенсивно излучающий бета-лучи, используется для наполнения специальных ламп, в которых энергия радиоактивного излучения превращается в видимый свет. Такие лампы состоят из стеклянного баллона, внутренние стенки которого покрыты фосфоресцирующим составом. Бета-лучи криптона-85, попадая на фосфоресцирующий состав, вызывают свечение его, хорошо видимое на расстоянии до 450—500 метров.

На расстоянии до 3 метров от лампы можно совершенно свободно читать газету. Лампы долговечны (период полураспада криптона 85—100 лет), работают независимо от источника тока и внешних условий.

ТЕМНО-КРАСНЫЙ НЕДОТРОГА

37. Рубидий — Rubidium (Rb)

Темно-красным этот мягкий, легкоплавкий (плавится при 39°) металл назван не за собственный цвет. Весьма сходный по свойствам с калием, он имеет серебристый цвет с металлическим блеском. Свое название он получил по красным линиям в спектре, по которым был обнаружен в 1861 г. немецким химиком Р. Бунзеном совместно с немецким физиком Г. Кирхгофом. Соединения рубидия — постоянные спутники соединений натрия и калия. В одних случаях их относительно много до 0,1%, в других — значительно меньше. Наиболее богаты соединениями рубидия воды некоторых минеральных источников и некоторые минералы вулканического происхождения (лепидолит, литиевая слюда). На долю рубидия приходится 0,004% от общего числа атомов земной коры.

Отдельные виды растений избирательно извлекают из почвы соединения рубидия. К числу таких растений относятся некоторые сорта свеклы. Рубидий содержится также в виноградном соке, где его от 0,5 до 1 мг в литре.

Рубидий — металл, который можно назвать химической недотрогой. От соприкосновения с воздухом он самопроизвольно воспламеняется и сгорает ярким розовато-фиолетовым пламенем. С водой взрывает, так же бурно реагирует при соприкосновении с фтором, хлором, бромом, йодом, серой. Как настоящего недотрогу, рубидий необходимо беречь от внешних воздействий. Для этой цели его помещают в сосуды, наполненные сухим керосином. Рубидий тяжелее керосина (уд. вес рубидия 1,5) и не реагирует с ним.

Рубидий — радиоактивный элемент, он медленно испускает поток электронов, превращаясь в стронций.

Наиболее замечательным свойством рубидия является его своеобразная чувствительность к свету. Под влиянием лучей света рубидий становится источником электрического тока. С прекращением светового облучения исчезает и ток. Явление возникновения электрического тока под влиянием света называется фотоэффектом, а электриче-

ский ток, возникающий при фотоэффекте, — фотоэлектричеством. Фотоэлектрические свойства рубидия дают возможность использовать его при изготовлении фотоэлементов — электрических приборов, в которых световая энергия непосредственно превращается в электрическую. Фотоэлементы широко применяются в настоящее время в звуковом кино, телевидении, автоматизации сложных производств, в управлении работой на расстоянии агрегатов и машин, в частности, в атомной технике.

В виде хлористых, бромистых и йодистых солей рубидий применяется в медицине как болеутоляющее и успокаивающее средство.

УЧАСТНИК ФЕЙЕРВЕРКОВ

38. Стронций — Strontium (Sr)

«Металлом красных огней» академик А. Е. Ферсман назвал в своей чудесной книге «Занимательная геохимия» серебристо-белый, легкий (уд. вес 2,6), довольно мягкий металл стронций. Красный огонь, полученный с помощью стронция, видели многие. Всякий, кто любовался фейерверком, невольно следил за стремительным полетом ракет. Вот, быстро оставляя за собой светящийся след, шипя и потрескивая, высоко в небо взлетает ракета. Достигнув «потолка», светящаяся точка останавливается на какое-то мгновение, и вдруг в почной темноте вспыхивает яркий, светящийся красным огнем, шар, освещающий на несколько секунд небосвод. Пламя горячей ракетной смеси окрасили соли стронция в характерный красный цвет. Чаще всего в состав красных ракет входит азотнокислый стронций. В России соединения стронция еще до их выделения в свободном виде широко использовались в пиротехнических составах уже во времена Петра Первого для пблучения «потешных огней», устраивавшихся обычно при проведении различных торжеств и празднеств. Хотя стронция в природе больше (0,008%), чем многих других металлов, например, меди, цинка, широкого применения он еще не нашел. Подобно другим активным ме-

таллам, например кальцию, стронций очищает черный металл от вредных газов и примесей. Это свойство дает стронцию перспективу применения в металлургии.

Перспективно будущее некоторых искусственных радиоизотопов стронция в производстве атомных электрических батарей для космических ракет и искусственных спутников Земли. В основе работы атомной электрической батареи лежит излучение радиостронцием электронов большой энергии. Элементы, объединенные в батарейку размером со спичечную коробку, способны при совместном действии давать энергию в течение многих лет (15—25). Атомные батарейки на радиоактивном стронции могут также применяться в телефонах, радиоаппаратуре, и т. д. Между прочим, швейцарские часовщики применили стронциевые батареи для приведения в действие часовых механизмов.

Помимо атомных котлов, где среди различных радиоактивных изотопов образуется и радиоизотоп стронция, последний обязательно находится в радиоактивной пыли, получающейся при взрыве атомной или водородной бомбы. Пыль состоит из «осколков» атомов делящихся элементов с порядковыми номерами от 30 до 62. Радиоактивная пыль, уносясь после взрыва восходящими потоками воздуха в стратосферу, вместе с дождем или снегом медленно (примерно до 10% в год) выпадает на землю. Происходит постепенное увеличение радиоактивности поверхности земли, а следовательно, и постепенное увеличение радиоактивного облучения находящихся на ней организмов.

В числе изотопов, выпадающих на поверхность земли, особого упоминания заслуживает радиоизотоп стронция с массовым числом 90 (стронций-90), излучающий электроны и имеющий период полураспада около 20 лет. Попадая в почву, стронций-90 вместе с растворимыми соединениями кальция поступает в растения, из которых может непосредственно или через животных поступить в организм человека. Так создается цепь передачи радиоактивного стронция: почва — растения — животные — человек. Проникая в организм человека, стронций накапливается преимущественно в костях и подвергает таким образом организм длительному внутреннему радиоактивному воздействию. Результатом этого воздействия, как показы-

вают исследования ученых, проведенные в опытах на животных (собаках, крысах и др.), является тяжелое заболевание организма. На первый план выступают повреждения кроветворных органов и развитие опухолей в костях.

В обычных условиях «поставщиком» радиоактивного стронция являются экспериментальные взрывы ядерного и термоядерного оружия. Вполне понятно, какое беспредельное беспокойство всех честных ученых мира вызывают эти эксперименты. И не случайно сейчас во многих лабораториях земного шара ведутся тщательные исследования действия на организм малых доз радиоактивного излучения. Правда, факты, полученные учеными, еще недостаточны, чтобы окончательно судить о величине опасности действия малых доз, но и то, что уже получено, свидетельствует о большой угрозе, которую несут человечеству ядерные взрывы. Подсчеты показывают, что если ядерные взрывы не будут прекращены, то уже в следующем поколении от тяжелых заболеваний крови ежегодно будет погибать не менее 50 000 человек. К началу же нового века число жертв будет достигать 150 000 в год!

Исследованиями американских ученых установлено, что даже малое лучевое воздействие безусловно вредно для здорового человека. Если же учесть, что и при крайне малых дозах этого воздействия наступают резкие изменения в тех клетках организма, от которых зависит воспроизводство потомства, то вполне понятно, что ядерные взрывы несут смертельную опасность еще... не родившимся!

В некоторых учебниках химии утверждается, что соединения стронция применяют в сахарной промышленности для выделения сахара из патоки. Может быть. Однако один из авторов этого рассказа был на многих сахарных заводах и нигде не видел применения соединений стронция. Можно и следует ли применять окись стронция в сахарном производстве? Да! Можно, но пожалуй, не следует. Окись кальция для этой цели и дешевле, и доступнее.

Свое название стронций получил от минерала — стронцианита (углекислой соли стронция), найденного в 1787 г. в Шотландии близ деревушки Стронциан. Английский исследователь А. Крофорд, изучая стронцианит, высказал предположение о наличии в нем новой еще не известной «земли». Индивидуальную особенность стронцианита уста-

новил также и Клапрот. Английский химик Т. Хоп в 1792 г. доказал наличие в стронцианите нового металла, выделенного в свободном виде в 1808 г. Г. Дэви.

Однако, независимо от западных учёных, русский химик Т. Е. Ловиц в 1792 г., исследуя минерал барит, пришел к заключению, что в нем, помимо окиси бария, в качестве примеси находится и «стронцианова земля». Чрезвычайно осторожный в своих заключениях, Ловиц не решился опубликовать их до окончания вторичной проверки опытов, требовавших накопления большого количества «стронциановой земли». Поэтому исследования Ловица «О стронциановой земле в тяжелом шпате», хотя и были опубликованы после исследований Клапрота, фактически же проведены раньше его. Они свидетельствуют об открытии стронция в новом минерале — сернокислом стронции, называемом теперь целестином. Из этого минерала простейшие морские организмы — радиолярии, акантарии — строят иглы своего скелета. Из игolocек отмирающих беспозвоночных образовались скопления и самого целестина.

ДАВНО ИЗВЕСТНЫЙ, НО НЕПРИМЕНЯЕМЫЙ

39. Иттрий — Yttrium (Y)

Более полутора столетия тому назад, в 1794 г., Гадолином (Финляндия) была открыта неизвестная «земля», как тогда называли окислы. Лишь в 1828 г. Ф. Велеру удалось выделить из этого окисла новый металл. Его назвали иттрием. Это название происходит от слова «иттерби», имеющего своеобразную историю. Недалеко от столицы Швеции Стокгольма, в районе небольшого городка Иттерби, была обнаружена пегматитовая жила (пегматит — крупнозернистая горная порода). Своеобразный рисунок на изломе пегматитовой породы напоминает древние письмены. Отсюда второе название пегматита — письменный гранит. В этой жиле было найдено большое количество элементов, что принесло ей всемирную известность. По имени города ее стали называть «жилой Иттерби». Найденные в ней новые элементы получали «имена», производные от слова Иттерби. Иттрий, тербий, эрбий, иттербий —

вот перечень элементов, которые найдены в Иттербийской жиле и увековечили городок Иттерби.

Но после выделения металла и изучения его свойств иттрий продолжал лежать в земле, входя в состав сложных и редких минералов. Они содержали целую группу похожих друг на друга и трудно разделимых элементов. Поэтому иттрий, подобно скандию, относится к числу редких элементов, хотя иттрия в земной коре немногим меньше олова и в 5 раз больше свинца. Не так уже мало! И не так уж редко!

Не совсем правильно будет утверждать, что иттрий изучен. Еще и ныне во многих справочниках по химии, в таблицах физических величин против химического знака иттрия (Y) можно увидеть знак — «?». Например, температура плавления иттрия 810° также сопровождается знаком вопроса в скобках. Но и там, где такой осторожности не проявляют, температура плавления не утверждается категорически. Так в учебниках по химии температура плавления иттрия после оговорки «по-видимому, содержащего примеси» определяется величиной в 1490° . Подробнее и полнее изучен не сам иттрий, а его соединения. Хорошо известно, что иттрий встречается лишь в отдельных местах на земном шаре и не склонен к миграции. Иттрий и его производные еще не находят практического применения.

МЕТАЛЛ ТЕХНИКИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

40. Цирконий — Zirkonium (Zr)

В одном из учебников химии, изданном сравнительно недавно, написано следующее: «...по-видимому, цирконий найдет применение в будущем, но трудность получения чистого металла не позволяет думать, что это будет скоро». Автор добросовестно заблуждался! Уже в настоящее время цирконий применяется в самых различных отраслях техники. Производство циркония, а также его соединений растет с каждым днем.

От могучей Волги, превращающей энергию текущих вод в электрический ток, через реки и луга, равнины и взгорья шагают ажурные вышки линий электропередач.

Они несут на себе гирлянды изоляторов, в состав которых входят соединения циркония. ...Подобно молнии по небу промелькнул реактивный самолет, оставляя за собой грохот разорванного воздуха. Турбина самолета, работающая при температуре 750—800°, также содержит цирконий.

Цирконий — металл высоких температур, громадных скоростей и потрясающих мощностей. Двуокись циркония — одно из самых тугоплавких веществ природы. Она плавится при температуре 2680°, в сплавленном состоянии необычайно устойчива к самым разнообразным химическим воздействиям. Поэтому двуокись циркония применяется для изготовления огнеупорных изделий, тиглей для плавки кварца, кирпичей для обкладки стенок металлургических печей, жароустойчивых эмалей, тугоплавкого стекла. Замечательной особенностью двуокиси циркония является весьма незначительное изменение ее объема от температуры. Поэтому стенки плавильных печей, сделанные из двуокиси циркония, не растрескиваются при нагревании и охлаждении, что резко увеличивает срок службы.

Цирконий, введенный в небольших количествах в сталь (0,1%), значительно повышает ее твердость и вязкость, что очень важно для сопротивления кратковременным, но сильным ударам. Поэтому циркониевая сталь находит применение в броневых плитах и щитах. Добавка циркония к меди резко увеличивает ее прочность, почти не снижая электропроводности. Сплавы циркония с алюминием и магнием обладают высокой прочностью и устойчивостью при температурах 150—200°. Смесь порошка металлического циркония с горючими соединениями применяется при изготовлении осветительных ракет, дающих большое количество света.

Минерал, содержащий двуокись циркония, бесцветный и прозрачный или буровато-оранжевый, розовый с сильным алмазным блеском был известен еще в древности под названиями: гиацинт, яцинт, яргон. В поисках объяснения слова «цирконий» приходится обращаться, правда, без особого успеха, к восточным языкам. Например, арабское слово «царгун» означало «золотой цвет», «золотистый» и служило для названия некоторых разновидностей минерала циркона, содержащего цирконий. Очевидно от названия этого золотисто-желтого минерала и произошло

название — циркон. Новый элемент, открытый в минералах, был назван цирконием. В свободном виде цирконий был получен в 1824 г. Берцелиусом. Однако до самого недавнего времени не было единства взглядов на его физические свойства. Одни утверждали, что цирконий — твердый и хрупкий металл, с удельным весом 6,4 и температурой плавления 2350° , другие — для удельного веса давали цифру 6,1 и температуру плавления 1860° . Только выделив цирконий в чистом виде, исследователи установили, что этот металл внешне похож на сталь, его удельный вес 6,5, температура плавления 1900° , хорошо поддается механической обработке, а в обычных условиях вполне устойчив к воздуху и воде.

Несмотря на то, что циркония в природе столько же, сколько и меди (0,003%), он иногда и сейчас еще называется «редким» элементом. Это объясняется его распыленностью и трудностью выделения из природных соединений. Получение циркония, как и ряда других редких металлов, особенно в чистом виде стало возможным после того, как был разработан оригинальный метод, называемый «йодидным». Загрязненный металл соединяют с йодом. Йодистое соединение циркония помещается затем в цилиндрический сосуд. В центре этого сосуда проходит вольфрамовая нить, нагретая до 1400° . При нагревании йодистого соединения циркония его пары касаются нагретой вольфрамовой проволоки и разлагаются на чистейший металл и пары йода. Металл осаждается на проволоке. К сожалению, металл, получаемый таким путем, остается все еще очень дорогим.

Нагретый цирконий жадно поглощает газы из окружающей среды. На этом основано его применение при спекании порошков металлов, а также в электровакуумной технике. При комнатной температуре цирконий с газами не взаимодействует, но при 300° жадно поглощает водород, а выше 400° — взаимодействует с кислородом и азотом.

Есть еще одна область, в которой цирконий находит широкое применение в настоящем и найдет неограниченное — в будущем. Это область атомных двигателей. Высокая температура плавления, прочность и, главное, нейтронная инертность делают цирконий и его сплавы незаменимым материалом для деталей атомных двигателей.

НИОБЕЯ ИЛИ КОЛУМБЪ?

41. Ниобий — Niobium (Nb)

Ниобея — дочь Тантала, потеряв свое многочисленное потомство, от душевной боли и потрясения оцепенела и превратилась в камень, источавший слезы. Так утверждает греческая мифология. По имени этой безутешной матери, оплакивающей смерть своих детей, или камня, источавшего воду, был назван химический элемент ниобий, открытый в 1801 г. английским химиком Гетчетом и впервые названный им колумбием. Минералы, содержащие ниобий, колумбит и танталит, редки. Это является одной из главных причин сравнительно ограниченного применения ниобия и его соединений, несмотря на то, что ниобий отличается исключительными техническими качествами: высокой антикоррозионной стойкостью, устойчивостью к химическим реагентам, тугоплавкостью (плавится при 2415°), прочностью. Добавка ниобия к специальным сортам стали резко повышает устойчивость сварных швов из этих сталей. Стали, содержащие от 1 до 5% ниобия, отличаются исключительной жаростойкостью и применяются для устройства котлов высокого давления и реактивных двигателей.

Насколько ниобий «трудный» металл для техники, можно судить хотя бы по такому факту. Обнаружили элемент в 1801 г., а выделили в чистом виде лишь в 1907 г. Сто лет понадобилось, чтобы разработать метод получения.

Наконец, еще одно интересное, ранее только упомянутое свойство чистого ниобия: он очень хорошо поглощает водород при обычной температуре. 1 грамм ниобия поглощает более 100 кубических сантиметров газа. Впитывает его, как губка. Но такую «губку» можно «выжать» лишь при сильном нагревании. Даже при нагревании такого ниобия до 900° каждый грамм его продолжает сохранять в себе 4 куб. см. водорода.

Особенно замечательны свойства некоторых соединений ниобия. Так, например, карбид ниобия имеет высокую температуру плавления и обладает огромной твердостью. Это используется в изготовлении сверхтвердых сплавов для резцов, сверл, наконечников зубил и т. д.

До 1950 г. в американской и английской литературе ниобий назывался колумбием.

Это название произошло от минерала колумбита (в котором открыт элемент), в свое время вывезенного из Северной Америки и хранившегося в Британском музее. Происхождение же названия минерала связывается с названием штата Северной Америки — Колумбией. Название «Колумбия» широко распространено на континенте Америки. Такое название носят несколько городов в США, провинция в Канаде, Союзный Округ США, река в западной части Северной Америки, государство в Южной Америке и др. Все они давались в честь первооткрывателя этой страны — Христофора Колумба. Очевидно не лишено почвы мнение некоторых авторов, связывающих название элемента с именем прославленного мореплавателя.

В 1950 г. химики договорились о едином названии этого металла во всех странах, сохранив за ним «имя» сказочной Ниобеи, введенное в науку в 1844 г. немецким химиком Г. Розе.

СЕКРЕТ САМУРАЙСКИХ МЕЧЕЙ

42. Молибден — Molybdenum (Mo)

Крайне необходимая для человеческого организма поваренная соль как бы «поглотила» ядовитые свойства входящего в состав этой соли хлора и чрезвычайную химическую активность металлического натрия. В химии подобные явления не являются исключением. Молибденит — минерал, известный еще в древности, также представляет соединение, в котором составные части — молибден и сера — совершенно не имеют ничего сходного по свойствам с самим минералом.

Молибденитом можно писать как карандашом, сердечник которого состоит из графита, только графит на бумаге оставляет серо-черный след, а у молибденита черта на бумаге имеет зеленовато-серый отлив. Название минерала — молибденит происходит от греческого слова «молюбдос», что значит «свинец». Оно намекает на малую твердость молибденита (равную почти твердости талька) и свинцовосерый цвет. От имени молибденита получил свое

название и открытый в нем в 1778 г. Шееле элемент — молибден.

Впервые в сравнительно чистом виде металл молибден был выделен в 1783 г. шведским химиком П. Гьельмом. В химически чистом виде молибден — серовато-белый, тяжелый (уд. вес. 10,3), тугоплавкий (плавится при 2625°) металл, хорошо поддающийся механической обработке. Следует заметить, что свойства металлического молибдена еще в начале XIX века описывались иначе, чем в настоящее время. Дело в том, что такие свойства, как твердость, температура плавления, химическая активность, очень сильно зависят от чистоты металла. Даже небольшие примеси других элементов резко изменяют свойства металлического молибдена. Поэтому неудивительно, что в книгах, изданных в двадцатых годах, молибдену приписывают большую хрупкость, в то время как молибден, полученный сравнительно недавно, легко прокатывается и куется.

Интерес к молибдену, как металлу, впервые проявился после того, как была разгадана тайна большой остроты самурайских мечей. Долгое время металлургам не удавалось изготовить сталь с такой степенью прочности, чтобы острие приготовленного из нее холодного оружия не тупилось, подобно старинным самурайским клинкам. Однако тайны старинных мастеров, начало разгадкам которых было положено великим русским металлургом П. П. Аносовым, в конце концов были раскрыты. Был раскрыт и «секрет» остроты самурайских мечей. Оказалось, что в состав их стали входил... молибден. Когда выяснилось благотворное влияние небольших добавок молибдена на качество стали, молибден сделался объектом внимания многих специалистов. Вскоре установили, что добавка к стали молибдена вызывает повышение вязкости и твердости, тогда как обычно всякое увеличение твердости влекло за собой повышение хрупкости.

Когда на полях сражений в мировую войну 1914—1918 гг. появились первые англо-французские «сухопутные дредноуты» — неуклюжие танки, то их 75-миллиметровую броню из твердой, но хрупкой марганцевой стали легко пробивали 75-миллиметровые снаряды немецкой артиллерии. Стоило добавить к броневой стали всего 1,5—2% молибдена, как те же снаряды стали бессильны перед броневым листом всего в 25 миллиметров. Введение молибдена в состав сталей, особенно в сочетании с хромом

или с вольфрамом, необычайно повышает их твердость и химическую устойчивость. Сплавы молибдена с вольфрамом обладают такими свойствами теплового расширения, которые позволяют применять их вместо платины.

От брони и орудийных стволов вернемся ко всем знакомой электрической лампочке. Глядя на лампочку, как говорят шутливо, невооруженным глазом, можно заметить стеклянный баллон, а в нем проволочку, которая раскаляется электрическим током. При более близком ознакомлении с веществами, из которых состоят составные элементы лампочки, выясняется, что ярко светящаяся нить лампочки сделана из вольфрама, а крючки, на которых подвешена вольфрамовая нить, — из молибдена.

В электронной лампе, составляющей основу современной радиотехники, тонкие нити, поддерживающие катод и анод, изготовлены из молибдена. Из сплава молибдена с цирконием изготавливаются аноды электронных ламп. Антикатоде рентгеновских трубок, спирали мощных нагревательных печей также состоят из металлического молибдена.

Природа сравнительно богата молибденом. На долю молибдена приходится 0,0003% от всех атомов земной коры. Месторождения молибденовых соединений встречаются во многих местах земного шара. Они есть в США, Чили, Мексике, Норвегии, Африке. Залежи молибденовых руд имеются и в СССР.

Получение молибдена и ныне представляет серьезные затруднения. Во всяком случае, технология получения молибдена включает очень много химических операций, в результате которых получают триокись молибдена. Но на этом процесс не заканчивается: нужно восстановить триокись молибдена до чистого металла, а это не так просто. Углеродом восстанавливать нельзя, в этом случае получается не чистый молибден, а молибден с примесью карбидов — очень твердых и хрупких веществ, которые пригодны лишь для получения твердых сплавов. Поэтому триокись молибдена восстанавливают водородом или алюминиотермическим путем. Молибден благодаря высокой температуре его плавления получается в виде порошка. Для того, чтобы превратить порошок в компактный металл, необходимо осуществить ряд операций так называемой порошковой металлургии — прессование порошка, спекание, волочение в проволоку.

Большая часть молибденовой руды перерабатывается на ферромolibден,— высокопроцентный сплав молибдена с железом, который необходим основному потребителю — металлургии сталей.

Широко применяется молибден в виде различных соединений. Одни из них — хорошие катализаторы при переработке нефти, другие представляют отличные красители для тканей, пластических масс и кожи. Если бы молибден не был столь дефицитным, он нашел бы еще много областей применения.

Спрос на него чрезвычайно быстро увеличивается. В начале XX в. было добыто всего 20—30 тонн, в 1950 г. мировая добыча исчислялась десятками тысяч тонн.

Крупнейшее месторождение молибдена находится в штате Колорадо (США), но американские монополисты не желают увеличивать добычу молибдена, чтобы не снижать цен на него. На примере молибдена можно еще раз показать, как капитализм тормозит технический прогресс. Единственная область промышленности в условиях капитализма, в которой молибдену широко открыты двери металлургических производств, — военная.

Интересно, но далеко еще не изучено физиологическое действие молибдена: с одной стороны, наличие следов¹ молибдена необходимо для нормального развития растений, с другой — установлено, что избыточное содержание молибдена в корме рогатого скота вызывает серьезные расстройства деятельности желудочно-кишечного канала у животных.

ПЕРВЫЙ ИСКУССТВЕННО СОЗДАННЫЙ

43. Технеций — Technetium (Tc)

В 1925 г. на страницах химических журналов появились сенсационные сообщения об открытии нового элемента, входящего в седьмую группу периодической системы. Элемент получил название «мазурий». Вслушайтесь в название: ма-зу-ри-й. Что-то созвучное с мазуркой —

¹ Следы в химии называют незначительные количества веществ, не обнаруживаемые количественно обычными приемами химического анализа.

блестящим жизнерадостным польским национальным танцем, получившим в XIX в. известность во всех европейских странах, слышится в названии элемента. Однако не в честь мазурки — танца, вышедшего из воеводства Мазовии, назвали немецкие химики Вальтер Ноддак и Ида Таке (ставшая впоследствии Идой Ноддак) вновь открытый элемент. Мазурием он был назван в честь южной части округов Гумбиннен и Кенигсберг в Восточной Пруссии, издавна заселенных польскими крестьянами. «...В честь немецкой пограничной области», как отмечали немецкие газеты, вдохновлявшиеся милитаристскими кругами, был назван новый элемент. Но Мазурия — это польская земля, и тщетны были притязания германских милитаристов.

Несновательным оказалось и притязание на открытие нового элемента. Исследования показали, что авторы поспешили со своими сообщениями — за новый элемент были приняты различные примеси других уже известных элементов.

Настоящее открытие, а вернее, получение элемента, занимающего в периодической системе Д. И. Менделеева 43 номер, было осуществлено итальянским ученым Э. Сегре и его помощником К. Перье в 1937 г. Новый элемент был создан путем «обстрела» молибдена дейтронами — ядрами тяжелого изотопа водорода, ускоренными на циклотроне¹.

Полученный искусственным путем, новый элемент в честь технического прогресса XX в., как детище этого прогресса, был назван технецием. «Техникос» по-гречески искусственный.

В 1950 г. общее количество технеция на всем земном шаре равнялось... одному миллиграмму. В настоящее время технеций получают в качестве отхода «производства» при работе ядерных реакторов.

Содержание технеция в продуктах расщепления урана достигает 6%. Теперь технеций — поистине руками человека изготовленный элемент — не является редкостью. К 1958 г. сотрудники Окриджской национальной лаборатории Паркер и Мартин имели в своем распоряжении несколько граммов технеция, соединения которого нашли широкое применение в изучении механизма коррозии и действия ингибиторов — веществ задерживающих ее.

¹ Циклотрон — установка для получения потоков быстрых частиц. Большие скорости движения частиц достигаются многократным ускорением их переменным электрическим полем.

По своим химическим свойствам технеций подобен марганцу и рению. Больше похож он на рений. Удельный вес технеция 11,5. В отличие от рения, технеций более устойчив к действию химических реагентов. Пустая клетка в периодической системе элементов с надписью «экамарганец», существование которого Д. И. Менделеев предсказал еще в 1870 г., теперь заполнена элементом, свойства которого точно соответствуют предсказанным.

Однако на Земле технеция нет! Дело в том, что являясь радиоактивным элементом, он не имеет долгоживущих изотопов. Самый устойчивый изотоп технеция имеет период полураспада не превышающий 250000 лет. А так как возраст Земли насчитывает несколько миллиардов лет, то первоначально существовавший на Земле технеций давно давно отжил свой век и ныне должен считаться «вымершим» элементом. Однако на Солнце и некоторых звездах технеций обнаружен спектроскопически, что указывает на синтезирование его в процессе эволюции звезд.

СПУТНИК ПЛАТИНЫ

44. Рутений — Ruthenium (Ru)

История открытия этого элемента началась в России, когда в 20-х годах XIX столетия на Урале были обнаружены месторождения платины. Весть об этом открытии быстро облетела мир и вызвала много тревог и волнений на международном рынке. Среди иностранных спекулянтов ходили слухи о чудовищных самородках, о платиновом песке, который платиноискатели черпают прямо лопатами. Месторождения платины, действительно, оказались богатыми, и граф Канкрин, бывший в то время министром финансов России, дал распоряжение о чеканке платиновых монет. Монеты стали чеканить достоинством в 3,6 и 12 рублей. Было выпущено 1.400.000 платиновых монет, на которые израсходовали более 20 тонн самородной платины.

В год распоряжения Канкрин о чеканке монет профессор Юрьевского университета Озанн, исследуя образцы уральской платины, пришел к заключению, что платину сопровождают три новых металла. Один из них Озанн

назвал полураном, второй — полином, а третьему в честь латинского названия России — Рутения дал имя — рутений. «Открытие» Озанна химики встретили с недоверием. Особенно протестовал шведский химик Берцелиус, авторитет которого в то время был поистине мировым. Возникший между Озанном и Берцелиусом спор взялся разрешить профессор химии Казанского университета К. К. Клаус. Получив в свое распоряжение небольшое количество остатков от чеканки платиновой монеты, Клаус обнаружил в них новый металл, за которым и сохранил название рутений, предложенное Озанном. 13 сентября 1844 г. Клаус сделал в Академии наук сообщение о новом элементе и его свойствах. В 1845 г. доклад Клауса под названием «Химические исследования остатков уральской платиновой руды и металла рутения» вышел в свет в виде отдельной книги. «.. Малое количество изученного материала — не более шести граммов совершенно чистого металла — не позволило мне продолжать мои исследования», — писал Клаус в своей книге. Однако полученные данные о свойствах нового металла дали возможность Клаусу твердо заявить об открытии нового химического элемента.

Желая ознакомить иностранных ученых с открытием нового элемента, Клаус послал образец металла Берцелиусу. Ответ Берцелиуса был, по меньшей мере, странным. Имея в руках новый элемент с подробным описанием свойств, он не согласился с мнением Клауса. Берцелиус заявил, что полученный от Клауса металл есть «проба нечистого иридия», давно известного элемента. Позднее Берцелиус вынужден был признать свою ошибку.

Открытый элемент был в дальнейшем тщательно исследован. Изучение химических свойств рутения показало ряд интересных особенностей его химических соединений. Однако отсутствие сколько-нибудь значительных запасов этого металла в земной коре (встречается в лаурите — редком минерале, о-в Борнео), трудность добычи и отделения от других спутников платины до сих пор препятствуют применению рутения. Как только геологи обнаружат значительные месторождения этого элемента в каких-нибудь малоизученных районах или в глубоких слоях земной коры, элемент рутений займет достойное место в практической деятельности человека. О рутении во всех книгах сказано весьма немного: крайне редок и поэтому не нашел доста-

точного применения. В чистом виде рутений находит применение в изготовлении термопар, а также как катализатор при синтезе аммиака из элементов. В сплавах рутений используется в ювелирном деле, некоторые соли находят применение в лабораторной технике при изготовлении микроскопических препаратов.

По внешнему виду рутений — металл, похожий на железо, твердый, тугоплавкий, с трудом растворяющийся в царской водке, обладает сильными каталитическими свойствами.

ЕЩЕ ОДИН СПУТНИК ПЛАТИНЫ

45. Родий — Rhodium (Rh)

В начале XIX в. английский химик и физик В. Волластон занялся тщательным анализом платиновых руд, и его труд был вознагражден сразу двойной удачей. В платине он обнаружил два неизвестных металла. Один из них за розовый цвет растворов своих солей был назван родием (по-гречески «родон» — розовый). Родий постоянно сопутствует платине, изредка встречается в самородном состоянии в золотосных песках. Платина относится к числу мало распространенных элементов, а родия в природе в 2,5 раза меньше платины. Если учесть, что отделение родия от платины и других ее спутников представляет значительные технологические трудности, то станет понятным и редкость, и высокая стоимость родия.

Родий — металл исключительно стойкий к действию многих веществ. Он не растворяется не только в обычных кислотах, но и в царской водке. Температура плавления родия около двух тысяч градусов (1966°). В жидком состоянии родий растворяет до семи процентов углерода, а при охлаждении выделяет растворенный углерод в виде графита. Если бы родий был более доступным металлом, его можно было бы применять для получения чистейшего графита, столь необходимого во многих отраслях современной техники. Родий обеззараживает воду. Такая бактерицидная способность родия весьма ценна для очищения воды от болезнетворных микроорганизмов. Возможно, что

в недалеком будущем родий получит применение в лечебных целях.

Все спутники платины известны как хорошие катализаторы, особенно в состоянии большого измельчения, как говорят химики, в виде «черни».

Большинство металлов в компактном состоянии обладает специфическим, так называемым металлическим блеском и «белым», «светлым» цветом. Исключение составляют медь, золото и немногие другие так называемые «цветные» металлы, у которых сохраняется свой характерный для них цвет и при измельчении. Однако тонкие порошки других металлов серого цвета, а тончайший порошок — черного или почти черного. Отсюда и химическое, а затем и техническое название — «чернь».

Родиевая «чернь» растворима в кислотах, в то время как родий в куске, как уже указывалось, нерастворим даже в царской водке. Каталитическая активность родиевой «черни» настолько велика, что винный спирт быстро переходит в ее присутствии в уксусную кислоту. К тому же родиевый катализатор стоек против ядов, отравляющих катализаторы.

В чистом виде родий применяется для изготовления точнейших пирометров, деталей измерительных астрономических приборов, а также для зеркал и рефлекторов осветительных установок.

Уступая серебру в отражательной способности, в отличие от него, родий не тускнеет с течением времени.

ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬ УГАРА

46. Палладий — Palladium (Pd)

В 1902 г. немецкий астроном Г. Ольберс, только что обнаруживший на основе вычислений немецкого математика К. Гаусса потерянную вскоре же после открытия 1-ю малую планету Цереру, открыл 2-ю малую планету солнечной системы, которая была названа Палладой.

Год спустя В. Волластон открыл один из членов семейства платиновых металлов и назвал его по имени недавно открытой планеты — палладием. На примере наименования палладия можно лишний раз показать, как случайно

возникали иной раз названия элементов, не дающие, конечно, возможности усмотреть какую-либо связь между названием элемента и его свойствами.

Незначительные примеси палладия встречаются в платиновых рудах и в золотоносных песках, т. е. разрушенных горных породах. Значительно реже палладий находится в виде естественных сплавов с платиной, иногда с золотом или серебром. Во многих отношениях палладий сходен с металлами платиновой группы, но есть и некоторые существенные отличия. Эти отличия состоят, прежде всего, в том, что палладий является самым легкоплавким и легким из них: температура плавления его немного превышает 1550° , а удельный вес равен 12. Впрочем эта оговорка может показаться и не совсем удачной: ведь у многих металлов температура плавления значительно ниже. Например, железо плавится при температуре на полтора десятка градусов ниже палладия и в полтора раза легче его.

...Если в стеклянной колбе смешать два объема водорода и один объем кислорода, то при комнатной температуре такая смесь может сохраняться очень долго. Нагревание смеси до 400° приводит к тому, что водород и кислород полностью соединяются и образуют воду. Если же в смесь этих двух газов внести палладий, то уже при комнатной температуре из газов быстро образуется вода. Палладий является энергичным катализатором многих химических реакций. Как и другие катализаторы-металлы, палладий проявляет особенно сильно каталитические свойства в виде «черни» — тончайшего порошка. Каталитические свойства палладия, очевидно, связаны с его исключительной способностью поглощать, или как говорят химики «окклюдировать», в себе некоторые газы и особенно водород. Один кубический сантиметр палладия поглощает более семисот кубических сантиметров водорода. При этом прочный металл увеличивается в объеме, вспучивается и даже дает трещины. Нечто подобное можно наблюдать при набухании резины в бензине и маслах. Известно, что если закрыть склянку с бензином резиновой пробкой, ее потом нельзя вытащить, она разбухнет от поглощения бензина резиной.

С поглощением или растворением водорода в палладии связано и другое удивительное свойство этого металла: способность пропускать сквозь себя водород. Через перегородку, толщиной в один миллиметр и площадью в один

квадратный сантиметр, проходит более сорока кубических сантиметров водорода в минуту при температуре 240°. При более высокой температуре просачивание водорода увеличивается. Таким образом, наши обычные представления о металле как о прочной преграде для газов не всегда оказываются верными.

Химическая стойкость палладия меньше, чем у других платиновых металлов, но зато большая доступность палладия дает и более широкие возможности для его применения, чего нельзя сказать об остальных спутниках платины.

В сплаве с серебром, а иногда и в чистом виде, палладий применяется в зубоврачебной технике, в сплавах с золотом — в часовом деле. Благодаря своей высокой стойкости и красоте палладий применяется в ювелирном деле для покрытия других металлов и для отделки предметов роскоши, в частности оправ драгоценных самоцветов. Особо ответственные контакты в счетно-решающих машинах с большим числом операций покрывают палладием.

...Одним из сильных ядов является окись углерода, которую в быту обычно называют угарным газом. Это коварный яд. Не имея ни цвета, ни запаха, ни вкуса, он трудно определим, особенно при малом, но уже опасном для жизни, содержании в воздухе.

Образуется угарный газ сравнительно легко, при работе двигателей внутреннего сгорания, при преждевременном закрывании печей, при получении генераторного газа и в целом ряде химических производств. Предельно допустимой концентрацией угарного газа в воздухе промышленных предприятий считается 0,02 мг в литре. Вдыхание воздуха, содержащего 5—7 мг угарного газа в литре, влечет смерть через 5—10 минут.

Очень удобны для установления наличия этого газа в воздухе соединения палладия. Фильтровальная бумажка, смоченная раствором хлористого палладия, быстро чернеет и тем указывает на грозящую опасность. Такой безотказный сигнализатор приносит большую пользу в тех областях техники и производства, где приходится прикасаться с угарным газом. Чувствительность реакции очень высока. При концентрации угарного газа 9 миллиграммов в литре воздуха бумажка чернеет моментально, при 0,02 миллиграмма — почернение наступает через минуту.

Заканчивая рассказ о паллади, укажем, что одновременно с открытием гелия было установлено присутствие палладия и на Солнце.

ТАЙНА БОЛЕЗНИ ВОИНОВ АЛЕКСАНДРА МАКЕДОНСКОГО

47. Серебро — Argentum (Ag)

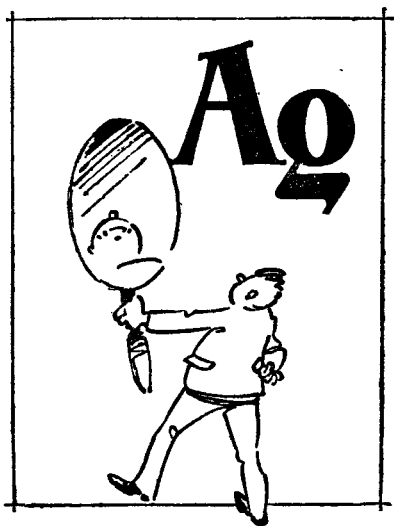
Войско Александра Великого, более известного под именем Македонского, двигалось с боями по странам Азии (IV в. до нашей эры). После того как войска вступили на территорию Индии, среди воинов начались тяжелые желудочно-кишечные заболевания.

После ряда кровопролитных сражений и пышно отпразднованных побед весной 326 года Александр вышел к берегам Инда. Однако победить главного своего врага — болезнь — «непобедимое» войско Александра не могло. Воины, истощенные и обессиленные, отказались идти вперед к берегам Ганга, куда влекла Александра жажда завоеваний. Осенью 326 года войска Александра начали отступление.

Сохранившиеся описания истории походов Александра Македонского показывают, что рядовые воины болели чаще, чем военачальники, хотя последние находились в походе в одинаковых условиях с рядовыми воинами и в равной степени делили с ними все неудобства и лишения походной жизни. Через 2250 лет причина различной заболеваемости воинов Александра Македонского была найдена. Она заключалась в разности снаряжения: рядовому воину полагался оловянный бокал, а военачальнику — серебряный.

Как известно, абсолютно нерастворимых веществ в природе нет. Правда, одни вещества растворяются хорошо, другие — хуже, третьи же, на первый взгляд, кажутся совсем нерастворимыми. Но так только кажется. Вещество, которое мы считаем нерастворимым, при более тщательном изучении обладает очень малой растворимостью. Такой малой растворимостью обладает и серебро. В отличие от других металлов, незначительные, буквально невесомые количества растворенного серебра способны

убивать микроорганизмы, находящиеся в воде. Среди них, конечно, могут быть и те, которые являются причиной желудочно-кишечных заболеваний. Поэтому вода, хранящаяся в серебряном сосуде, долгое время не портится. Растворившееся серебро убивает микроорганизмы, размножающиеся при гниении. Достаточно несколько миллиардных долей грамма серебра, чтобы обезвредить литр воды. Для придания воде бактерицидных свойств достаточно кратковременного контакта с серебром.



Так, употребление серебряных кубков, хотя бы частично, предохраняло военачальствующий состав армии Александра Македонского от желудочно-кишечных расстройств и заболеваний. Возможно, что подобного рода наблюдения над своеобразными свойствами серебра привели еще раньше жителей древнего Египта (2500 лет до н. э. у них серебро ценилось дороже золота) к оригинальному способу лечения открытых ран: на раны накладывали серебряные пластинки.

В наше время обеззараживающие свойства серебра и его солей широко используются в санитарной технике и медицине для стерилизации воды, изготовления «серебряной марли», «серебряной ваты» для лечения кожных заболеваний, трудно заживающих ран, язв и т. д.

Количество растворенного серебра зависит от поверхности соприкосновения его с водой. Чтобы не увеличивать поверхности серебряных изделий, исследователи предложили осаждать серебро в виде тончайшей пленки на зернах обычного песка. Фильтрация воды через такой «серебряный песок» достаточна для того, чтобы вода освободилась от микробов. Затрата серебра сводится при этом к минимуму, а достигаемый результат становится максимальным.

Большую роль в нашей повседневной жизни играет зеркало. Зеркало — не предмет роскоши, а насущная необходимость. Невозможность видеть самого себя для современного человека почти немыслима. Бритье, исправление небрежностей в одежде, уход за состоянием лица и многое другое невозможно осуществить без зеркала. И неудивительно, что зеркало является одним из древних предметов человеческого обихода. Долгое время роль зеркал играли полированные металлические пластинки, чаще всего золотые или серебряные. Понятно, что такие зеркала были очень дороги, и, представляя большую ценность, являлись достоянием богатых людей. После «изобретения» первого сплава — бронзы в обиход вошли зеркала из бронзы. Бронзовые и медные зеркала были широко распространены у римлян и греков. Большое количество таких зеркал было найдено при раскопках Помпеи. Металлические зеркала из бронзы, меди и серебра существовали на протяжении весьма долгого времени.

Стеклянные зеркала, несмотря на то, что стекло было изобретено очень давно, появились сравнительно поздно. Это объясняется тем, что для изготовления стеклянного зеркала нужны были уже достаточные знания, которыми в древности еще не располагали. Дело в том, что стеклянное зеркало по сути дела тоже является металлическим. Ведь отражающим в стеклянном зеркале является металл, только в виде тонкого слоя, нанесенного на гладкую стеклянную поверхность. Стекло, таким образом, лишь прозрачная основа, держащая на себе тончайшее металлическое зеркало. Для изготовления стеклянного зеркала необходимо было иметь совершенно бесцветное, чистое, прозрачное, гладкое стекло, с одной стороны, тончайший слой металла, собственно зеркало — с другой. Идеальное и прочное покрытие стеклянной поверхности металлом было третьим необходимым условием для изготовления такого обычного в нашем обиходе, стеклянного зеркала. Впервые более или менее удовлетворительно эти условия были осуществлены около 600 лет назад, когда и стали появляться первые стеклянные зеркала.

Отражательная поверхность первых зеркал готовилась из свинцово-сурьмяного сплава, однако он быстро тускнел на воздухе и терял необходимые для зеркала свойства. 200 лет спустя был найден ртутно-оловянный сплав. Он обладал хорошей отражательной способностью и несмотря

на большую вредность производства (наводчики зеркал отравлялись при изготовлении этого сплава парами ртути) почти до середины XIX в. являлся незаменимым в зеркальном деле.

В 1846 г. был найден способ покрытия стекла тонким слоем серебра. В течение десяти лет совершенствовался этот способ. И только после 1855 г., когда французский химик Птижан и выдающийся немецкий химик Либих нашли простые рецепты для нанесения серебра на стекло, серебряное зеркало на стеклянной основе получило повсеместное распространение. Этими зеркалами пользуетесь и Вы, уважаемый читатель. Но зеркало не только предмет быта, украшение квартиры, принадлежность женского туалета. Зеркало — это и инструмент врачей, необходимая деталь многих точных измерительных и регистрирующих физических приборов, оно — необходимейшая часть микроскопов и телескопов, с помощью которых человек исследует два мира, противоположных по размерам и одинаковых по беспредельности познания.

...Посмотрите на свою фотографию или на рисунок в книге. И тут необходимо серебро! Фотографирование, столь распространенное в нашей жизни в часы отдыха или труда, основано на светочувствительных свойствах некоторых солей серебра. Из таких солей в настоящее время чаще всего применяется бромистое серебро. Фотографические пластинки, пленки, бумага состоят в основном из соответствующей основы (стекло, целлулоид, бумага, картон), на которую нанесен светочувствительный слой из мельчайших частиц бромистого серебра, распыленных в желатине. Толщина светочувствительного слоя не превышает 0,02 мм. При освещении пластинки или пленки содержащееся в светочувствительном слое бромистое серебро под влиянием световых лучей распадается. Бром связывается химически желатином, а серебро выделяется в виде мельчайших, невидимых даже в обычный микроскоп кристалликов. Так как степень разложения бромистого серебра зависит от силы освещения, то, несмотря на кажущуюся однородность светочувствительного слоя, в нем уже имеется «скрытое изображение» предмета. Чтобы сделать его видимым, светочувствительный слой проявляют, т. е. обрабатывают химическими веществами (проявителями), выделяющими металлическое серебро. Достигнув достаточной четкости изображения, его фикси-

руют. Сущность фиксации состоит в том, что из светочувствительного слоя химическим растворителем извлекается еще не разложившееся бромистое серебро, иначе полученный негатив быстро потускнеет за счет распада остатков бромистого серебра при печатании снимков. После фиксации получают устойчивое, видимое на свету изображение предметов — негатив. Для получения истинного изображения негатив накладывается на светочувствительный слой фотобумаги и подвергается освещению. При таком печатании скрытое изображение с правильным соотношением света и тени возникает в светочувствительном слое фотобумаги (позитив), для получения которого фотобумагу, подобно пластинке или пленке, также проявляют и фиксируют. Так получают, наконец, желанную «фотокарточку», которой, очевидно хоть раз в жизни интересовались и Вы, дорогой читатель. Фотография — это не только «фотокарточка». Фотография — это искусство кино и многочисленные достижения науки, техники, промышленности. И след болезни в легком человека, и новая комета в глубинах Вселенной, и тонкая структура невидимого атома становятся близкими и доступными для наблюдения и изучения с помощью фотографии, немислимой без серебра и его соединений.

Азотнокислое серебро — ляпис применяется в медицинской практике. Мелко распыленное серебро в виде водных взвесей успешно применяется при лечении ряда тяжелых заболеваний.

Серебро употребляется для изготовления частей заводской аппаратуры в некоторых химических производствах. Серебряные тигли незаменимы для плавки щелочей, которые при высоких температурах «разъедают» почти все остальные металлы.

Издавна применялось серебро и в ювелирном деле, где из него изготавливались предметы роскоши — пудреницы, табакерки, ручки для вееров, а также художественно выполненные предметы домашнего обихода — чайные и столовые сервизы, ложки, бокалы, кубки и т. д.

Изделия из серебра особенно были приняты у русской и французской аристократии, где количество «серебра» подчеркивало важность происхождения (фамильное серебро) и богатство его владельцев. О величине масштабов «серебряной гордости» таких владельцев можно судить по столовому сервизу графа Орлова, подаренного ему Ека-

териной II. В этом сервизе насчитывалось 3275 предметов, для изготовления которых было израсходовано около двух тонн чистого серебра!

В начале первой четверти XX в. амстердамские ювелиры преподнесли в дар председателю комиссии Лиги Наций серебряный молоток, мелодичный звон которого частенько раздавался в зале заседаний, то призывая к соблюдению регламента разговорившихся ораторов, то пробуждая престарелых дипломатов, невольно засыпавших во время длинных и скучных прений.

Серебро не утратило роли ювелирного металла и в наши дни.

Большие количества серебра расходуются на изготовление разменной монеты. С целью увеличения прочности (серебро — мягкий металл) монеты чеканятся из сплава серебра с медью в соотношении 1 : 1. Известны случаи чеканки монет из чистого серебра. Такая чеканка имела место в России во времена уральского магната Акинфия Демидова, сына знаменитого тульского кузнеца Никиты Антуфьева, которому Петр I за искусно сделанный на образец заморского «пистоль» даровал земли на Урале, «где руды железные и иные быть могут обнаружиться». Руды действительно обнаружили и не только железные, но и серебряные. По государственным законам того времени залежи серебра, кем бы и на чьей бы земле они обнаружены ни были, должны были перейти в собственность «императорского двора». Акинфий Демидов, сочетавший в себе гений первого русского промышленника, основателя русской металлургии на Урале, с нечеловеческой, звериной жестокостью крепостника-заводчика, единовластно распоряжавшегося жизнью тысяч рабов, согнанных в его рудники по чужой воле, решил не отдавать в собственность царского двора найденные залежи серебра.

Понимая, что любые серебряные изделия, изготавливаемые им тайно, рано или поздно наведут правительство на мысль о наличии в его распоряжении месторождений серебра, Демидов решил чеканить свои монеты, ничем не отличающиеся от царских. Отличие на самом деле было. Демидовские деньги содержали больше серебра, чем государственные, и с этой точки зрения их нельзя было назвать фальшивыми.

В Невьянске, в глубоком подвале, под высокой башней с курантами, ничем не отличающейся своей архитектурой

от сооружений русского средневековья, день и ночь работал демидовский «монетный двор». Демидовские деньги «ходили» в стране наряду с царскими, и даже трудно было сказать, каких из них было больше. Однако слухи о таком монетном дворе, каким-то образом выйдя из Невьянска, доползли и до столицы. Конечно, никто не заикался о ревизии Демидова или расследовании слухов. Даже царица Анна Иоановна предпочитала молчать. Однажды только, играя с Демидовым в карты и получая выигрыш совершенно новенькими монетами, она неожиданно спросила его: «Твоей или моей работы, Никитич?».

Предание повествует: «Никитич» встал из-за стола, приятно улыбнулся, развел руками и, покорно наклонившись, ответил: «Мы все твои, матушка императрица... И я — твой, и все мое — твое!»

Всякой истории приходит конец. Пришел конец и тайному «монетному двору». Один из мастеров, спасая свою жизнь от гнева Акинфия, бежал из Невьянска в Петербург. Гонцы от Акинфия имели наказ: «Догнать! Убить! А в случае неудачи — скакать в столицу и сообщить царице «радостную весть» об открытии серебряных залежей».

Пришлось сообщить «радостную весть». В Невьянск была снаряжена комиссия для приема «серебряных богатств». За два дня до ее приезда Акинфий распорядился открыть шлюзы, отделявшие подвал, где был монетный двор, от озера, и главные свидетели демидовского преступления — триста прикованных к стенам рабов-людей без племени и роду — остались под водой.

Таков вкратце рассказ об одном эпизоде из «биографии» серебра, известного человеку с глубокой древности. Встречаясь в самородном состоянии, оно давным-давно обратило на себя внимание человека, и с той поры интерес человека к серебру не ослабевал. Наибольший самородок серебра весил 13,5 тонны. Главная же масса серебра получается не из собственно серебряных руд, а из сернистых руд цинка, свинца и меди.

В чистом виде серебро — белый, мягкий, тягучий металл, из грамма которого можно вытянуть проволоку длиной в 1800 м и прокатать лист толщиной в 0,002 мм. Серебро обладает наибольшей тепло- и электропроводностью. Свое название серебро ведет от санскритского слова «аргента», что значит светлый; от этого слова произошло и

латинское «аргентум» — серебро, вошедшее в употребление химиков всех стран.

С серебром связано происхождение некоторых общепринятых понятий и названий. Так, например, в древней Руси мерой стоимости различных предметов являлись бруски серебра. В случаях, когда тот или иной предмет торговли стоил меньше всего бруска, от бруска отрубали часть, соответствующую стоимости вещи. Эти отрубленные части назывались «рублями», от них и пошло название принятой в нашей стране денежной единицы — рубль.

От серебра произошло название и одной из стран Южной Америки — Аргентины. Легенда, в которой исторические факты тесно переплетаются с поэтическим вымыслом, рассказывает, что в 1515 г. испанский правительственный лодман де Солис открыл в Южной Америке устье большой реки, названной после Солиса его именем. В 1527 г. Себастьян Кабот, поднимаясь вверх по течению реки де Солис, был поражен количеством серебра, награбленного его матросами у населения. Это дало Каботу повод назвать устье реки Ла Платой — серебряной (по-испански «плата» — серебро, Ла плата — серебряный), от имени которой произошло впоследствии название и всей страны. После освобождения страны от испанских войск (1811—1826 гг.), чтобы не вспоминать испанцев, название страны латинизировали — (серебро по-латыни аргентум) оно и сохранилось до наших дней.

«ПОЖИРАТЕЛЬ» НЕЙТРОНОВ

48. Кадмий — Cadmium (Cd)

Каждый, прочитавший хотя бы одну статью, рассказ или заметку о работе атомных реакторов, помнит, что всегда отмечается одна важная деталь их устройства: регулирование работы и аварийная защита атомных реакторов осуществляется с помощью кадмиевых стержней. Дело в том, что для управления ядерной реакцией необходимо регулировать поток нейтронов. Так как металлический кадмий способен поглощать нейтроны, то для регулирования их потока он является наиболее подходящим

материалом. Для управления реакций кадмий в виде стержней вводится внутрь атомного котла. Погружая или вынимая стержни из реактора, можно уменьшать или увеличивать поток нейтронов, а следовательно, и скорость «горения» ядерного «топлива», тем самым регулируя количество выделяемого тепла. Кадмий в атомном реакторе выполняет «обязанности истопника». Чтобы ввести котел в действие, надо медленно выдвигать из него кадмиевые стержни до тех пор, пока размещенные в различных местах реактора контрольные приборы, измеряющие поток нейтронов, не укажут начало реакции. Если она протекает слишком интенсивно, стержни погружают внутрь котла до необходимого замедления реакции. В случае, если приборы установят, что обычные стержни из кадмия плохо справляются со своими «обязанностями», немедленно вступает в действие массивный аварийный стержень из кадмия. Стоит его погрузить в реактор, и процесс «горения» ядерного «топлива» начнет затухать.

В штате Калифорния (США) из-за неисправности конструкции такой аварийный стержень не мог быть своевременно погружен в котел, и опытный атомный реактор в течение длительного времени «горел», как вулкан. На несколько километров вокруг станции, на всякий случай, эвакуировали население.

О другом применении кадмия говорит само название металла. «Кадмейя» — слово греческое, означающее в переводе «цинковая руда». Такое название металл кадмий получил потому, что он всегда сопровождает цинковые руды. Из этих руд кадмий получают в качестве «отхода» цинкового производства. По своим свойствам кадмий весьма похож на цинк, и в некоторых случаях он с успехом может заменить цинк. Вместо покрытия металлов цинком для защиты от коррозии применяют кадмирование — покрытие кадмием. Есть такое образное выражение у специалистов электрического транспорта — «медный шорох». Этим термином обозначают истирание токонесущих проводов трамваев, троллейбусов, подземных и надземных электровозов токоснимающими устройствами. Тысячи тонн меди, истертой в порошок, опадают на землю. И... пропадают. Добавка кадмия к меди для троллейных проводов резко уменьшает их износ. Трамвайные провода служат без смены и ремонта многие годы даже на оживленных трамвайных магистралях.

Самая лучшая желтая краска представляет собой соединение кадмия с серой. Большие количества кадмия расходуются на изготовление этой краски.

Аккумулятор можно найти в автомобиле, в электрическом фонаре путевого обходчика, в аварийном освещении дежурного хирурга и т. д. Аккумулятор питает электрическим током прожектор-лампочку на каске шахтера и пожарника, двигает подводную лодку, питает лампочки на новогодней елке. Некоторые из аккумуляторов, особенно для целей освещения, так и называются АКН — аккумулятор кадмиево-никелевый. Их сконструировал советский ученый Б. А. Кособрюхов. Кадмий употребляется не только для изготовления аккумуляторов — источников электрического тока, он служит и для изготовления проводов.

В природе кадмия в 25 раз меньше, чем «редкого» германия, тем не менее кадмий чаще и больше применяют, и по цене он значительно дешевле, чем германий. Объяснение такому парадоксу находится простое: кадмий получают попутно в качестве «отхода», или ценного «приложения», при переработке цинковых руд.

Амальгаму кадмия (раствор кадмия в ртути) используют в зубоврачебной технике для изготовления зубных пломб.

Будущее кадмия как «истопника» при атомных котлах большое. Во всяком случае, ему не угрожает «безработица».

КАКОЕ ЗЕРКАЛО ЛУЧШЕ?

49. Индий — Indium (In)

Известная многим несколько грубоватая пословица: «Нечего на зеркало пенять, коли рожа крива» для химического случая может перефразироваться так: «Нечего на зеркало пенять, коли оно не из индия». Смысл такой перефразировки станет понятен после краткого пояснения. Все зеркала отражают окрашенные световые лучи не в полной мере. Как говорят, зеркало неодинаково отражает различные цвета спектра. Вот почему, например, цветные одежды «в зеркале» имеют окраску несколько иную, чем на самом деле. Этот недостаток имеет и серебряное, и оловянное, и ртутно-висмутовое зеркало. Зеркало из полиро-

ванной пластинки нержавеющей стали или иного металла также отражает цветные лучи не в полной мере. Металл индий отражает одинаково хорошо все части спектра, все цвета. Поэтому металлический индий является незаменимым материалом для изготовления высококачественных зеркал, что имеет большое значение при устройстве точных астрономических приборов. Прибавка индия к серебру усиливает зеркальный блеск и предупреждает потускнение его на воздухе. Поэтому чистый индий или его сплав с серебром используется для покрытия рефлекторов. Такие рефлекторы не тускнеют от времени и имеют постоянный коэффициент отражения.

Между прочим во время массированных налетов немецкой авиации на Лондон в годы второй мировой войны прожекторы английской противовоздушной обороны были хорошим средством помощи зенитной артиллерии. Способность прожекторов «пробивать» даже лондонский туман приписывали металлу индию, который использовался для изготовления прожекторных зеркал. В этом есть известная доля правды. Вторая сторона успеха состояла в добавке редкоземельных элементов — лантанидов (о них речь впереди) к электродам прожекторной дуги. К сожалению, у индия очень низкая температура плавления — всего 156° , поэтому зеркало во время работы прожектора необходимо охлаждать.

На воздухе индий вполне устойчив и долго сохраняет серебристо-белый цвет в разрезе. Резать кстати говоря можно его ножом. Индий гораздо мягче свинца и на бумаге оставляет заметный след. Медь, мышьяк, свинец и многие другие металлы встречаются в природе в минералах. У индия таких минералов нет. Индий сопутствует цинку в его рудах, а также и другим сернистым соединениям металлов. С каждым годом индий применяют все чаще в различных сплавах. Один из сплавов индия со свинцом, висмутом и некоторыми другими металлами имеет температуру плавления всего $46,5^{\circ}$. Чайная ложечка, сделанная из такого сплава, «растаяла» бы при первом же размещивании горячего чая. Сплавы для пломбирования зубов, содержащие индий, имеют значительную прочность. Прибавка небольших количеств индия к сплавам меди сильно повышает устойчивость их к действию морской воды. Индий — металл рассеянный и редкий. Мировая добыча индия составляет всего несколько тонн в год.

Индий был открыт с помощью спектрального анализа в 1863 г. немецкими химиками Т. Рейхом и Ф. Рихтером в цинковой руде Фрейберга (в Саксонии).

В спектре этого элемента есть линия цвета известного красителя индиго. Темно-синий краситель индиго и дал имя новому элементу. Свое название индий оправдывает и изменением окраски пламени. Пламя окрашивается в сине-фиолетовый цвет.

Место индия в периодической системе окончательно было определено Д. И. Менделеевым. До этого индий считали элементом второй группы.

МЕТАЛЛ, БОЛЕЮЩИЙ ... ЧУМОЙ

50. Олово — Stannum (Sn)

Половина добываемого во всем мире олова расходуется на получение белой жести, применяемой, главным образом, для изготовления консервных банок. Поэтому олово иногда образно называют металлом консервной банки. Вторая половина добываемого олова, составлявшая в конце первой половины XIX в. почти 150 тыс. тонн, находит так много потребителей, что одно перечисление их заняло бы несколько страниц настоящей книги. Достаточно указать, что буквы в любой книге отпечатаны с помощью шрифта, сделанного из типографского сплава, в состав которого входит от 5 до 30 процентов олова. Подшипники автомобиля, самолета, паровоза и многих других машин изготовлены из баббитов — сплавов, содержащих олово со свинцом, медью и сурьмой. Различные сорта бронзы обязательно содержат в себе олово. «Царь-пушка» Московского кремля — удивительное творение русского литейщика Андрея Чохова, двухсоттонный «Царь-колокол» — не менее знаменитое «чудо» русских мастеров И. Ф. и М. И. Маториных, «Медный всадник» — бессмертное произведение Э. М. Фальконе, рвущиеся из рук юношей бронзовые кони П. К. Клодта на Аничковом мосту в Ленинграде и многие другие замечательные памятники, изготовлены из бронзы. Сам сплав — бронза, являясь своеобразным символом, обозначающим в истории человечества длительный период — бронзовый век, свидетельствует о давнем знакомстве человека с оловом.

Не так уж трудно понять причину, по которой олово и медь стали объектом внимания людей древности и почему бронза сыграла такую большую роль в истории человеческой культуры. Сравнительно легко получается из руд медь, но еще проще получается металлическое олово, у которого температура плавления составляет всего лишь 232 градуса. Достаточно оловянную руду (главнейшая из них касситерит, или оловянный камень, соединение олова с кислородом) смешать с углем, поджечь уголь и продувать воздух обычными кузнечными мехами, которыми пользовались люди много тысяч лет назад, чтобы выплавилось чистое олово. Во всяком случае, в средней Европе, куда сведения о металлах проникли из древнейших очагов культуры, олово было известно за две тысячи лет до нашей эры. Египтяне могли получать олово из руд уже за 3000 лет до нашей эры. Само же название олова (от санскритского слова «ста», что значит твердый) свидетельствует, что в странах Востока этот металл знали еще раньше, за 4000 с лишним лет до нашей эры.

Можно предположить, что бронзу, на первых порах, получали случайно, ибо есть руды, содержащие одновременно олово и медь. Позже бронзу готовили по определенной рецептуре, об этом свидетельствуют результаты анализа древних бронзовых изделий.

Более трехсот лет тому назад было замечено, что олово очень хорошо держится на поверхности чистого железа и защищает его от ржавления. В то же время из опыта многовекового пользования оловянной посудой было известно, что олово почти не тускнеет, и пища в оловянной посуде не получает неприятного привкуса.

Так было предначертано олову стать «металлом консервной банки», которая ныне почти такая же принадлежность быта, как спички и электрическая лампочка.

После того как консервную банку выбросили вместе с мусором, история олова не кончается, как не кончается она и у обрезков белой жести; впереди встреча с хлором или электрическим током. Если над такой старой банкой пропустить струю сухого хлора, то олово, соединяясь с хлором, перейдет в хлорное олово, из которого можно снова извлечь олово или получить соли оловянной кислоты, которые издавна применяются при крашении тканей.

Самовар, ставший в наше время больше украшением, нежели хозяйственной необходимостью, внутри полужен,

т. е. покрыт тонким слоем олова; кухонная посуда, места спаев в радиоприемнике также содержат олово. Правда, каждому, кто любит сам мастерить все своими руками, известно, что для пайки обязательно брать чистое олово, лучше применять третник — сплав олова со свинцом.

Олово, так прочно вошедшее в быт, в технику, обладающее рядом ценных качеств, вместе с тем имеет совершенно необычные по сравнению с другими металлами свойства.

....Много лет назад в Сибирь отправилась хорошо снаряженная экспедиция. Вся посуда была оловянной. Как только экспедиция очутилась в Сибири, положение стало комическим: еда есть, но посуда рассыпалась в серый порошок. Выручили сопровождавшие экспедицию местные жители: они вырезали ложки и миски из дерева.

В 1912 г. известный полярный исследователь Скотт снарядил экспедицию к Южному полюсу. Сосуды и жестянки с жидким топливом были запаяны оловом. На морозе они разрушились, горючее вытекло. Экспедиция Скотта погибла.

Известный химик, академик И. А. Каблуков в своих воспоминаниях рассказывает о том, как его учителю В. В. Марковникову принесли для исследования чайник из запасов царского интендантства. По всему корпусу чайника, сообщает Каблуков, были какие-то серые пятна и наросты, стенки чайника рассыпались в пыль от легких поколачиваний по ним рукой. Никаких примесей к олову при анализе не было установлено. Причина находилась в самом.... олове. Дело в том, что при температуре ниже -13° устойчивой модификацией олова (оно существует в трех видоизменениях) является серая порошкообразная форма (уд. вес. 5,8). Поэтому с понижением температуры



начинается переход обычной, кристаллической формы, в серую порошкообразную. Скорость перехода тем быстрее, чем ниже температура. При -33° , как показали русские ученые А.П.Комар и К.Иванов, она достигает максимума. Вот почему погибла экспедиция Скотта, а в неотопляемом складе интендантства при суровой зиме из чайников и солдатских пуговиц получались груды серого порошка. «Болезнь» олова, связанная с переходом кристаллической модификации олова в порошкообразную, получило название «оловянной чумы». Возможно имеет место «заражение» обычного олова при контакте с «больным» — порошкообразным.

Выше 200 градусов, т.е. вблизи точки плавления олова, оно легко переходит в третью модификацию, имеющую уд. вес 6,6 и отличающуюся большой хрупкостью. В этой форме оно легко растирается в порошок.

Потребность в олове велика, а запасы на Земле ограничены. И не случайно во всех странах идут постоянные изыскания материалов и способов замены олова в сплавах и в производстве белой жести.

ОШИБКА ИГУМЕНА ШТАЛЬГАУЗЕНСКОГО МОНАСТЫРЯ

51. Сурьма - Stibium (Sb)

Автор «Похождения бравого солдата Швейка» Ярослав Гашек в рассказе «Камень жизни» шутливо излагает, как в 1460 г. игумен Штальгаузенского монастыря в Баварии, занимаясь поисками «филосовского камня» и «эликсира жизни», обнаружил металл, который охотно поедали свиньи и при этом очень быстро жирели. Игумен, заметив такое свойство открытого им металла, решил сделать упитанными монахов. Для этого он к главной пище монахов, гречневой каше, добавлял истолченного металла. «К утру все сорок монахов», — пишет Я.Гашек, — скончались в страшных мучениях». Игумен назвал порошок по латыни «антимонием», т.е. средством «против монахов».

Не останавливаясь на исторической ценности такого утверждения, отметим, что слово «антимоний» с конца XVIII в. служило в Западной Европе для обозначения

сурьмы. Название «сурьма» происходит от турецкого слова «сюрме», что значит «натираение», «чернение бровей». Теперь очевидно, станет понятным происхождение выражения: «насурмянить брови». Дело в том, что одни соединения сурьмы - черного цвета, другие — оранжево-красного. Некоторые из подобных соединений использовали кокетливые щеголихи прошлых веков. Во всяком случае, еще в незапамятные времена арабы торговали в странах Востока краской для подведения бровей, в составе которой находилась сурьма.

Возможно, что сурмянились не только щеголихи, но и щеголи. Автор исторического романа «Самвел» Раффи подробно описывает технику этой косметической операции: «Юноша достал из-за пазухи кожаную сумочку, взял тонкую заостренную золотую палочку, поднес к губам, подышал на нее, чтобы она сделалась влажной, и опустил в порошок. Палочка покрылась тонким слоем черной пыли. Он начал накладывать сурьму на глаза». При раскопках давних захоронений на территории Армении обнаружены все косметические принадлежности: тонкая заостренная золотая палочка и крохотная шкатулка из полированного мрамора. Нужно думать, что упоминаемый Раффи порошок был не сурьмой, а ее природным соединением - трехсернистой сурьмой, одна из модификаций которого имеет фиолетово-черный цвет. До нас не дошли сведения о глазных заболеваниях у «стиляг» того времени, но, по-видимому, многие из них перенесли сильные мучения во имя красоты.

Латинское слово «стибиум», которым называется теперь сурьма, произошло от греческого слова «стиби» - так греки обозначали сурмяный блеск.

Впервые подробное описание сурьмы было дано неизвестным алхимиком, скрывавшимся под псевдонимом Василия Валентина (1470).

Металлическая сурьма была известна в древности. В античном Вавилоне за 3000 лет до нашей эры она применялась для изготовления сосудов. С изобретением книгопечатания сурьма нашла применение в изготовлении типографских шрифтов. Плаваясь при 631°, сурьма уменьшается в объеме, а застывая, — расширяется и дает хорошие отливки, в точности воспроизводящие детали формы. Типографский сплав «гарт» содержит 20 процентов сурьмы. Применяют сурьму также для приготовления антифрик-

ционных сплавов, в сплавах со свинцом для изготовления дроби, шрапнельных пуль, сплава для матриц. Кроме того сурьма имеет большое значение в спичечном производстве. Та часть спичечной коробки, которую иногда называют «теркой», содержит сернистую сурьму. Вместе с красным фосфором она и сообщает терке темно-коричневый цвет.

В чистом виде сурьма похожа на металл серебристо-белого цвета. Ее удельный вес 6,6. Она плохо проводит тепло и необыкновенно хрупка. Хрупкость сурьмы ~~так~~ необычна, что ее можно легко растереть в тонкий порошок в обыкновенной фарфоровой ступке.

Химики средневековья ~~обнаружили~~, что в расплавленной сурьме растворяются почти все металлы. Металл, ~~пожирающий~~ другие металлы — «химический ~~жидкий~~». Может быть подобные рассуждения и привели к символическому изображению сурьмы в виде фигуры волка с открытой пастью.

Некоторые соединения сурьмы применяются в медицине как ценные лекарственные средства ~~для лечения~~ различных болезней человека и животных (сонной болезни, распространяемой мухами це-це; кала-азара, или тропической спленомегалии — прогрессивное увеличение селезенки; филяриозов, вызываемых нитевидным червем, живущим в лимфатической системе). Другие соединения сурьмы применяются как отхаркивающие и значительно реже как рвотные средства. Особенно широко это ~~свойство~~ сурьмы использовалось в средневековье. ~~После~~ вызывания рвоты обычно давалось вино, выдержанное в сосуде из сурьмы.

ПАРАДОКСАЛЬНОЕ ЗОЛОТО

52. Теллур — Tellurium (Te)

Чистый теллур по внешнему виду весьма напоминает металл, хотя по большинству других свойств он, конечно, — металлоид. Заметим кстати, что слово «металлоид» в буквальном переводе означает «металлоподобный», «подобный металлу», хотя обычно этому слову придается совершенно противоположное значение.

«Аурум парадоксум» — парадоксальное золото, так называли теллур, после того как в конце XVIII столетия

он был открыт Рейхенштейном в соединении с серебром и золотом в минерале сильваните. Неожиданным явлением казался факт, когда золото, обычно всегда встречающееся в самородном состоянии, было обнаружено в соединении с теллуrom. Вот почему, приписав свойства, подобные золоту, его назвали золотом парадоксальным. Позднее (1798 г.), когда М. Клапрот детальнее исследовал новое вещество, он в честь Земли, носительницы химических «чудес», назвал его теллурием (от латинского слова «теллус» — земля). Это название с небольшим изменением и вошло в обиход химиков всех стран.

В чистом виде теллур — твердое кристаллическое вещество, светло-серого цвета с металлическим блеском. Высокие температуры плавления (450°) и кипения (1390°) увеличивают его сходство с металлами. Теллур проводит электрический ток, причем электропроводность его увеличивается по мере увеличения освещения.

Теллур применяется, главным образом, в производстве свинцовых кабелей. От добавки его (0,1%) свинец становится более твердым и эластичным. В то же время повышается устойчивость сплава к различным химическим воздействиям. Некоторые соединения теллура используются для окраски стекла и фарфора в коричневый, бурый и розовый цвета, в фотографии — для тонирования отпечатков и в бактериологии — для окраски микроорганизмов.

Соединения теллура ядовиты. При отравлении теллуrom он медленно выделяется из организма с образованием летучих, обладающих неприятным запахом соединений. Для характеристики этого запаха трудно подобрать подходящее слово: ужасный, нестерпимый, непереносимый. Просто — невероятно противный, человеком не выносимый. В литературе описаны случаи, когда химикам, небрежно работавшим с соединениями теллура, приходилось на несколько недель выезжать из города для «проветривания», так как от них исходил невыносимый запах. А как же они сами себя «переносили»? Они этого запаха не замечали. Наш «прибор» для определения запахов — нос — очень точный инструмент лишь до некоторого времени. Постепенно нервные окончания, находящиеся в слизистой оболочке носа, теряют восприимчивость, парализуясь действием теллуристого соединения. Так действуют летучие соединения не только теллура, но и селена, серы и некоторых других веществ. Отвратительный запах

теллуристых соединений появляется после поступления в организм даже самых ничтожных количеств теллура — миллионных и десятимиллионных долей грамма.

В связи с широкими исследованиями в области новых материалов, установлено, что полупроводниковыми свойствами обладают некоторые жидкие и стеклообразные теллуристые вещества, особенно такие, в которых находятся не окислы, а сульфиды. Одно из подобных стеклообразных веществ представляет сплав, содержащий теллурид мышьяка.

ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬ БОЛЕЗНЕЙ

53. Йод — Iodum (I)

Многие знакомы с этим элементом по буро-коричневому, специфически пахнущему, спиртовому раствору, носящему название йодной настойки. Кому доводилось смазывать порезы на пальцах, тот пользовался этим раствором. Чистый же йод — это темно-серые, почти черные с металлическим блеском, с резким запахом кристаллы, обладающие своеобразным свойством: они легко превращаются при нагревании в фиолетовый пар, минуя жидкое состояние. Это явление называется сублимацией. Она особенно часто встречается у органических веществ.

Йод — один из активных металлоидов природы. Поэтому в природе он не встречается в свободном виде. Важнейшие соединения йода — йодистые калий и натрий. Эти соединения, несмотря на то, что природа сравнительно бедна йодом, распылены в ней очень широко. И не случайно академик А. Е. Ферсман, рассказывая об йоде в одной из глав своей книги «Занимательная геохимия», назвал его вездесущим. Главным резервуаром йодистых соединений является вода морей и океанов. Водоросли (ламинария и др.) способны накапливать соединения йода в значительных количествах. Водоросли и служат источником получения чистого йода. Свободный йод был получен парижским селитроваром Куртуа в 1811 г. Название «йод» происходит от греческого слова «йодэс», что значит «фиолетовый» (по цвету паров).

Исключительно огромна роль йода в жизни животных и особенно человека.

Йод входит в состав гормонов. Гормоны оказывают

влияние на рост, питание, психическую деятельность, работу сердца, состояние сосудов и т. д. В один из таких гормонов входит йод. Без йода нет этого гормона, а без гормона нет фактически и человека. Если образование гормона прекращается в раннем возрасте, то организм претерпевает такие изменения, которые на медицинском языке известны под именем кретинизма. Чтобы представить, что такое кретинизм, мы просим читателя вообразить себе взрослого, молодого человека, рост которого меньше... метра, с большой, неправильно сформированной головой, поразительно узким морщинистым лбом, с широко расставленными небольшими глазами на бледном с зеленовато-желтым оттенком лице. Покрытое массой мелких старческих морщин, оно производит тяжелое впечатление отвисшими щеками, широкими ноздрями и вздутыми полуоткрытыми губами, за которыми чернеют мелкие, разрушающиеся зубы. Короткая и толстая шея переходит в неправильно развитое туловище с кривыми ногами. Имеют место расстройства интеллекта, доходящие до полной идиотии, резкие нарушения деятельности органов чувств — от потери осязания до полной глухоноты. Таков портрет кретина — больного человека, у которого отсутствует гормон, не существующий без йода.

Так как йод в незначительных количествах встречается почти повсеместно, то сравнительно чаще, чем полный кретинизм, встречаются расстройства организма, связанные лишь с недостаточным поступлением йода в организм. Наиболее часто такие расстройства проявляются в развитии зоба, большой обезображивающей опухоли на шее.

Из обычных продуктов питания наиболее богаты йодом лук и морская рыба. Ежедневное потребление небольших доз йодистых солей (в виде примесей к поваренной соли) позволяет полностью избавиться от «зоба». В Китае больных зобом лечили золой морских губок (которая содержит до 8,5% йода) еще очень давно. При добавлении в пищу йодсодержащих водорослей у коров увеличивается удой молока, а у овец быстро растет шерсть. Отмечено также благотворное влияние небольших доз йодистых соединений на яйценосность кур, откорм свиней.

В настоящее время известно несколько искусственных радиоактивных изотопов йода с массовыми числами 125, 128, 130, 131, 132, 133 и 135. Наибольшее значение в прак-

тическом отношении имеет радиоактивный изотоп 131, сравнительно недавно стали также использоваться и радиоактивные изотопы 132 и 133. Изотоп йода 131 был выделен в 1938 г. Ливингудом и Сиборгом из теллура, облученного нейтронами и дейтронами. Затем он был обнаружен в продуктах деления урана и, наконец, в продуктах деления тория 232.

Изотоп йода является бета- и гамма-излучателем с периодом полураспада 8 дней.

Наиболее широкое применение получил изотоп йода 131 в медицине, где его применяют для определения функции щитовидной железы, а также для лечения ряда ее заболеваний (гипертиреоза, злокачественных новообразований и др.). Способность некоторых веществ, содержащих йод, накапливаться в опухолевых тканях, нашла себе применение в использовании таких веществ с радиоактивными изотопами йода для точного определения местоположений опухолей в мозгу.

У йода только один устойчивый изотоп, которому обаяны все известные соединения, в том числе и гормон. Попробуйте представить, дорогой читатель, что произошло бы в случае нарушения устойчивости некоторых элементов, например йода. Разве это не тема для научно-фантастического произведения?

Медицина — главная область применения устойчивого изотопа йода, где он используется для лечения зоба, для предупреждения атеросклероза и при лечении ряда болезней внутренних органов и нервной системы. Это главная, но не единственная область его применения.

Главными потребителями йода являются, конечно, мирные области человеческой деятельности, среди которых химический анализ и синтез. Особенно много йода потребляют фармацевтическая промышленность и производство светочувствительных фотоматериалов.

ОДИН ИЗ «БЛАГОРОДНЫХ»

54. Ксенон.— Xenon (Xe)

Понадобилось полтора года и огромное количество жидкого воздуха, чтобы выделить еще один инертный газ, существование которого в воздухе было уже несомнен-

ным. Переработав почти сто тонн воздуха, т. е. 77,4 миллиона литров, Рамзай получил 300 см^3 нового газа. Несколько раньше он имел менее $0,2 \text{ см}^3$, этого газа было достаточно для спектрального анализа и установления индивидуальности нового элемента.

Трудно себе представить возможность применения этого элемента, если учесть, что для получения одного литра ксенона необходимо переработать миллионы литров воздуха. В 1 м^3 воздуха содержится $0,08$ миллилитра ксенона. Однако следует указать, что лабораторные испытания показали несомненные преимущества ксенона перед всеми другими инертными газами для наполнения электроламп.

Если бы огромные количества воздуха приходилось перерабатывать исключительно ради ксенона, возможность его применения можно было бы считать сомнительной из-за дороговизны. Положение упрощается тем, что ксенон получают в качестве побочного продукта при разгонке воздуха. Уже появились газоразрядные лампы, наполненные ксеноном, правда, мощность таких ламп пока не превышает одного киловатта.

В химическом отношении ксенон, как и другие инертные газы, совершенно инертен, «благороден», как определили его в начале XX в. Он не реагирует ни с одним веществом или элементом.

Свое название ксенон получил от греческого слова «ксенос», что означает «гость», «чужой», «посторонний».

Замечательной особенностью ксенона является его способность поглощать рентгеновские лучи. Эта способность при полном отсутствии ядовитости могла бы прекрасно использоваться в медицине путем введения ксенона в организм при рентгеновских исследованиях внутренних органов. Однако отсутствие запасов ксенона исключает эту возможность.

Попытки отыскания еще каких-либо новых инертных постоянно присутствующих в воздухе газов, не дали положительных результатов. Последней по времени попыткой такого рода были исследования английского физика Ф. Астона, который закончив в мае 1923 г. испарение 400 тонн жидкого воздуха, не нашел в них следов новых инертных газов. Ничтожные количества радиоактивного радона, присутствующего в воздухе при этом, конечно, не могли быть обнаружены.

МЕТАЛЛ, КОТОРЫЙ МОЖНО БЫЛО БЫ РАСПЛАВИТЬ НА ЛАДОНИ

55. Цезий — Caesium (Cs)

Небесно-голубым или лазоревым называется этот металл, способный плавиться ($28,5^{\circ}$) от тепла ладони. После ртути — это самый легкоплавкий металл природы.

Свое название этот металл получил от двух светло-голубых линий, хорошо видимых в его спектре, по которому он и был открыт в 1860 г. Бунзенем и Кирхгофом в Германии.

Цезий находится в редком минерале — поллуксе, найденном на острове Эльба. При изучении этого минерала, произведенном еще до открытия спектрального метода, неизвестный в то время цезий был принят за калий, с которым цезий имеет много сходства. Так как калий легче цезия, то подсчет результатов показывал нехватку около 7%. При исследовании количество калия непосредственно не определялось, а вычислялось из веса соединения платины, с помощью которого калий обычно переводили в нерастворимое состояние и с которым подобно калию, также реагировал и цезий. Очевидно, что при различии атомных весов калия и цезия эта ошибка была вполне законной. Но ... законной тогда она не признавалась (анализы производились правильно, а цезия еще не знали!), и загадочный недостаток 7% вещества в поллуксе волновал химиков. Эта загадка была разрешена в 1860 г. после открытия спектрального метода анализа, показавшего наличие в поллуксе нового металла — цезия.

Цезия в природе сравнительно немного — лишь 0,00009% от общего числа атомов земной коры.

Цезий — «недотрога» еще больший, чем рубидий. От воздуха он легко воспламеняется, со взрывом воспламеняется от действия воды, бурно реагирует даже со льдом и многими химическими элементами (хлором, бромом, серой).

Большая химическая активность цезия по отношению к воздуху (кислороду, азоту) используется для создания вакуума при изготовлении радиоламп. Достаточно поместить в колбу лампы мельчайший кусочек цезия, как остатки воздуха, которые нельзя уже откачать насосом, будут мгновенно поглощены цезием.

Телевизор стал обычной принадлежностью многих квартир в городах и селах. Следует помнить, что без фотоэлементов, действие которых основано на способности таких металлов как цезий испускать электроны при освещении (фототок), невозможно осуществление самой идеи телевизионных передач. Недалеко то время, когда цветное телевидение вытеснит существующее черно-белое. Для передачи цветных изображений используется сложный сурьмяно-цезиевый катод.

Крупным изобретением последних лет является создание новых приборов для просматривания непрозрачных тел — интраскопов. Это изобретение осуществлено в институте металлургии Академии наук доктором технических наук П. К. Ощепковым. Действие этого прибора основано на том, что невидимые лучи, например, инфракрасные, проходя через неоднородные непрозрачные тела например нефть и проволоку в ней, различно поглощаются отдельными составляющими этой системы (больше проволокой, меньше нефтью). После прохождения через неоднородную систему пучок света падает на кристалл цезия и вызывает в разных местах возникновение разной фотоэмиссии¹. Поток электронов, срывающихся с кристалла, имеет неодинаковую плотность и, попадая в электронно-лучевую трубку, дает видимое изображение непрозрачной системы. Так на смену сложному и опасному рентгеновскому аппарату приходит «всевидящий глаз», способный «смотреть» через слой металла или дерева, «заглядывать» внутрь нашего организма, не вызывая никаких осложнений.

Фотоэлектрические свойства цезия превосходят свойства рубидия. Они открывают перед фантазией заманчивые перспективы превращения световой энергии непосредственно в электрическую. В малых масштабах это уже осуществлено в фотоэлементах, нашедших широкое применение в различных областях техники. Но фантазия хочет большего и, углубляясь в будущее, ждет от цезия мощных фотоэлектрических устройств, превращающих солнечный свет в неисчерпаемый поток электричества.

Соли цезия применяются в медицине при лечении некоторых язвенных процессов.

¹ Фотоэмиссия — испускание потока электронов при освещении поверхности металлов.

ПОМОЩНИК ВРАЧЕЙ

56. Барий — Barium (Ba)

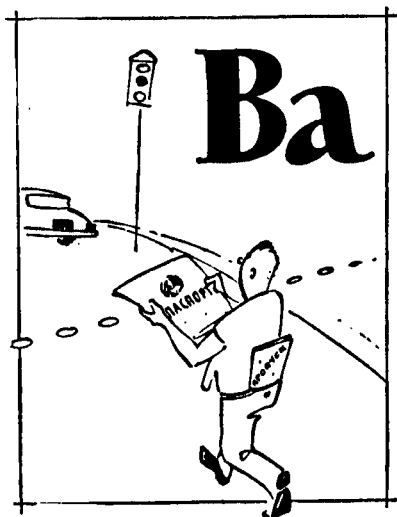
Защитные стенки рентгеновских установок медицинского и научного назначения делают из кирпича, содержащего соединения бария. Прекрасный поглотитель рентгеновских лучей — барий — применяется исключительно в виде соединений. Причиной тому — большая химическая активность. Полученный в свободном виде (1808 г. Дэви) барий представляет собой серебристо-белый, блестящий, мягкий, легко реагирующий с водой и загорающийся от удара на воздухе металл.

Желудочно-кишечные заболевания приводят иногда больных в кабинет врача-рентгенолога. Для точного распознавания характера болезни при рентгеновских исследованиях желудка больному внутрь вводят бариевую «кашу», состоящую из сернистого бария. Сернистый барий без всяких осложнений вводится внутрь в количестве от 50 до 100 граммов. Являясь нерастворимым, он не усваивается организмом (между прочим, все растворимые соли бария очень ядовиты!). Сернистый барий задерживает рентгеновские лучи в значительно большей степени, чем мягкие ткани организма. Это позволяет рентгенологам при заполнении бариевой «кашей» полых органов определять в них наличие анатомических изменений.

Привычное слово «магнит» в нашем сознании связано с представлением о металлической пластинке, изогнутой подковой, концы, которой окрашены в синий и красный цвет и обозначены буквами «ЭС» (зюйд — юг) и «ЭН» (норд — север). Сейчас, однако уже освоено производство керамических магнитов. Для получения одного из них берут смесь порошков окиси бария и железа и спекают в сильном магнитном поле под прессом. При спекании образуется феррат бария, обладающий магнитными свойствами.

Сернистый барий используется как наполнитель и утяжелитель при производстве бумаги. Очень много сернистого бария в бумаге ценных сортов, используемой для печати облигаций, денежных знаков, документов. Безвредная белая краска «литопон» — смесь сер-

нокислого бария с сернистым цинком — под именем «белил» находит широкое применение в малярном деле. В дни народных праздников и больших гуляний, сопровождающихся устройством фейерверка, соли бария доставляют большое удовольствие не только детворе, но и взрослым. «Шутихи», «мельницы», «огненные колеса» «водопады», «драконы» — не перечислишь всех названий огненных картин с зелеными огнями. Пла-



мя в зеленый цвет окрашивает азотнокислый барий.

Природа богата барием. На долю бария приходится 0,005% от общего числа атомов земной коры. Сырьем для получения соединений бария служат минералы — тяжелый шпат (сернокислый барий) и витерит (углекислый барий). Тяжелый шпат имеет большой удельный вес (4,6). За эту «тяжесть» он называется в минералогии баритом. Название «барит» заимствовано от греческого слова «барюс», что значит «тяжелый». От этого слова произошли название металла и его химический знак.

«РОДОНАЧАЛЬНИК» БОЛЬШОГО СЕМЕЙСТВА

57. Лантан — Lanthanum (La)

Особое место среди химических элементов занимает это «семейство», связанное между собой исключительным сходством свойств. Их устаревшее название — редкоземельные элементы (РЗЭ). Интерес к ним значительно увеличился после того, как были пущены первые атомные реакторы, при работе которых в качестве побочных продуктов образуются эти элементы.

Современная техника расширяет круг элементов, применяемых в областях первостепенной важности. Это вызывает к ним повышенный интерес. Редкие и редкоземельные элементы в 50 раз повысили стоимость самолетов новых конструкций. Так стоимость одного фунта (400 г) веса некоторых американских бомбардировщиков составляет 568 долларов, в то время как один фунт золота стоит 560 долларов. Бомбардировщики из чистого золота, а ракеты из платины, ибо ракета типа Атласс стоит 35 миллионов долларов — это цена трех тысяч квартир со всеми удобствами!

Заметим, что не так уж много известно об этих элементах. Впрочем разве только о них? О первых водолазных приспособлениях мы находим указания у Геродота, Аристотеля и Плутарха, но глубина в 923 метра была достигнута лишь в 1934 г. Достижение этой глубины связано с именем профессора Огюста Пикара, выдающегося физика, ставшего синонимом романтики и приключений. 23 января 1960 г. его сын погрузился в Марианскую впадину — самое глубокое место на Земле — и достиг глубины 11500 метров. А многое ли узнали? Познан ли океан? На бакинском газоконденсатном месторождении Зыря будет заложена самая глубокая в Европе и Азии скважина глубиной в 7 тысяч метров. Изучена ли земная оболочка?

Поэтому, уважаемый читатель, когда мы говорим об ограниченном применении некоторых РЗЭ, усматривая причину в их малой изученности.

А теперь о «родоначальнике» семейства — лантане.

От пытливых химиков этот элемент очень долго скрывался, за что и получил название лантан («лантано» по-гречески «скрываюсь», «таюсь»). Он был открыт шведским химиком Мозандером в 1839 г. Более сотни лет лантан представлял собой труднодоступный элемент не только для промышленности, но и для химической лаборатории. В чистом виде лантан (и его соединения) был получен лишь после того, как в практику лабораторий и промышленных предприятий прочно вошел так называемый хроматографический анализ, разработанный русским ученым М.С. Цветом в 1903 г.

Сущность этого метода в самых общих чертах состоит в следующем. Через трубку, наполненную неокрашенным порошкообразным или мелкозернистым веществом, обладающим способностью удерживать (адсорбировать)

на своей поверхности частицы других веществ, пропускается испытуемый раствор.

Вещества, входящие в смесь, в зависимости от степени их адсорбции на поверхности поглотителя (адсорбента) будут располагаться на разных уровнях его высоты в трубке (колонке). Если раствор состоит из смеси окрашенных веществ (с такими растворами работал в свое время М. С. Цвет), то они, благодаря различной их адсорбируемости, удерживаются в различных частях адсорбента, окрашивая его в соответствующий для данного вещества цвет.

Таким образом разделяются составные части смеси. Масса адсорбента по всей его длине в трубке в соответствии с окраской удержанного вещества будет окрашена в различные цвета или в различные оттенки одного и того же цвета (в зависимости от окрасок составных частей смеси). Полученная колонка окрашенного адсорбента называется хроматограммой (от греч. «хрома» — краска, цвет и «графо» — пишу). Для выделения составных частей смеси, колонку адсорбента осторожно извлекают из трубки и разделяют по зонам окраски. Состав каждой окрашенной зоны определяется обычными методами химического анализа. Вполне понятно, что анализ не представляет трудностей, когда в каждой зоне присутствует только одно вещество. Однако в большинстве случаев зоны окрашенного адсорбента не настолько резко отличаются друг от друга, чтобы их можно было легко разделить механически. Обычно зоны совмещаются и постепенно переходят одна в другую. В этих случаях трубку, содержащую адсорбент с удержанными на нем веществами, промывают специально подобранным растворителем, который по-разному относится к адсорбированным составным частям смеси. Такой прием извлечения адсорбированного вещества из адсорбента называется элюцией (от латинского «элюцио» — промывание). Элюция позволяет использовать не только различие в адсорбируемости составных частей смеси, но и в их растворимости.

Лантан и его соединения обнаруживают очень большое сходство с целым рядом других весьма похожих на лантан элементов. Шестьдесят с лишним лет назад В. Крукс, оценивая это сходство, сказал: «Химически они так сходны между собою, что требуется наивысшее искусство химика, чтобы хоть сколько-нибудь разделить их; они изу-

чены еще так неполно, что даже число их неизвестно». Теперь число «родственников» лантана известно. Их — 14. От лантана, как наиболее хорошо изученного, все они объединяются в одну группу, в одну клеточку системы Менделеева под именем семейства лантанидов.

Долгое время лантаниды считались бесперспективными элементами и изготовление кремешков для зажигалок, о которых будет упомянуто в дальнейшем, являлось «попунком» их практического применения. И не случайно вся группа «родственников» 15—25 лет назад считалась «забытой областью химии». Однако успехи современной науки, и в первую очередь, достижения в области ядерной физики превращают «забытую область химии» в одну из интереснейших и многообещающих отраслей знания, на которой сосредоточено внимание не только ученых — теоретиков, но и инженеров-практиков. Углубленное изучение «семейства» лантанидов показывает, что они обладают чрезвычайно интересными свойствами, дающими возможность использовать их в самых разнообразных областях техники и науки. И не случайно в августе 1957 г. газета «Правда» указывала, что в условиях советской экономики вопросы практического освоения лантанидов приобретают государственную важность первостепенного значения.

Большое сходство химических свойств у лантанидов связано с особым строением электронных оболочек у атомов этих элементов, начиная с лантана (№ 57) до лютеция (№ 71) включительно. Это особое строение приводит к тому, что по мере возрастания порядкового номера элемента увеличения радиуса атомов не происходит (лантанидное сжатие). Это явление и объясняет такое большое химическое сходство всех лантанидов.

После того как были выделены чистые соли лантана, получение самого лантана уже не представляло особого труда. Например, путем электролиза хлорида лантана получили металлический лантан, который по своему химическому поведению напоминает металл кальций. Лантан по твердости подобен олову (уд. вес 6,2), температура его плавления составляет всего $920 \pm 5^\circ\text{C}$, но зато удивительно высока температура кипения (4515°). Как и многие активные металлы, он разлагает воду, хорошо реагирует с кислотами, а при нагревании энергично — с хлором,

серой и другими металлоидами, т. е. проявляет свойства типичного металла.

Лантан — металл «самозащищающийся»: в сухом воздухе он покрывается тоненькой пленочкой окисла, который защищает его от дальнейшего окисления. Но такая «защита» происходит только в сухом воздухе, влага с этой пленкой соединяется и образует сильное основание.

Неоднократно мы упоминали о таком важном металле, как алюминий, и указывали, в частности, на его способность гореть с выделением большого количества тепла. На этой реакции основано много различных процессов. У лантана теплота реакции соединения с кислородом еще больше. Как только научились получать лантан в больших количествах, он стал соперничать с алюминием в металлургии. Для удаления кислорода из жидкой стали в нее часто вводят не алюминий, а лантан. На тонну стали нужен всего один килограмм этого «раскислителя» — как в технике называют вещества, освобождающие сталь от кислорода. Таким способом обработаны уже миллионы тонн стали и утверждают, что это — отличный метод повышения ее качества.

Лантан совсем недавно получали в смеси с церием — другим членом семейства лантанидов, приблизительно в соотношении 1:1. Сплавив смесь этих металлов с железом, получили... «кремень», который широко применялся в карманных зажигалках. Конечно, железо-цериево-лантанный «кремень» не имеет ничего общего с природным камнем кремнем — соединением кремния. Такое название было дано сплаву за способность «искрометания» при трении по нему зазубренного стального колесика. Эта способность была использована не только в безобидных зажигалках, но и в артиллерийских снарядах. Снабдив снаряд насадкой из этого «смешанного металла», получили возможность наблюдать снаряд в полете. «Смешанный металл» при полете в воздухе искрит. При этом роль колесика зажигалки играет сам воздух, трущийся о металл.

Соединения лантана используются при изготовлении стекла для лучших объективов фотоаппаратов и специальных защитных очков. В сплаве с магнием лантан используется для изготовления деталей авиационных двигателей.

Будущее у лантана, несомненно, огромно. В природе его больше, чем, например, свинца. Правда, лантан не встречается в виде мощных месторождений чисто лантановых минералов, но его можно получать при производстве суперфосфата из апатитов. В нашей стране запасы апатитов практически неисчерпаемы.

Любопытно, что своеобразными «залежами» лантана является всем знакомое растение — черника, зола которой содержит до 0,17 процента окиси лантана. Много лантана в золе низкорослых карельских берез.

Возможные области применения лантана с каждым новым исследованием его свойств будут все обширнее. Установлено, что лантан при температуре, близкой к абсолютному нулю, обладает сверхпроводимостью.

В ПАМЯТЬ УСПЕХА АСТРОНОМИИ

58. Церий — Cerium (Ce)

Еще в начале XVII в. астрономы обратили внимание на своеобразный пробел, существовавший между орбитами Марса и Юпитера. Сущность этого пробела заключалась в том, что в то время как орбиты Меркурия, Венеры, Земли, Марса располагались в пространстве сравнительно тесно, близко одна к другой, за Марсом до Юпитера, на расстоянии, более чем в два раза превышающем расстояние от Солнца до Марса, не было известно ни одной планеты. Этот небесный «непорядок» волновал астрономов. Они полагали, что в пространстве между Марсом и Юпитером должна существовать неизвестная планета. Астрономов, ставивших целью отыскание неизвестной планеты, в шутку называли «отрядом небесной полиции». И вот одному из его «членов» итальянцу Дж. Пиаци 1 января 1801 г. посчастливилось открыть самую большую, как выяснилось впоследствии, из множества других малых планет солнечной системы. Ее назвали Церерой, позаимствовав это название из древнеримской мифологии, в которой Церерой именовали богиню земледелия и плодородия.

Вскоре (1803 г.) Клапрот в Берлине, Берцелиус и Ги-

зингер в Стокгольме в минерале из шахты Бастнес у Ридаритта открыли новый элемент, который был назван церием в честь успеха астрономии, а минерал его содержащий — цереритом или церитом. Через три года была выделена чистая «цериевая земля». Выделить церий в относительно чистом виде удалось лишь в 1825 г. Подчеркиваем, в относительно чистом!

Несколько лет назад в литературе даже температура плавления металлического церия указывалась как неопределенная; одни авторы сообщали цифру в 640°C , другие — 775° , а третьи — даже 815° . Это говорило о малом интересе к металлу, а отсюда, как следствие, — малой изученности.

Церий, как и остальные лантаниды, является элементом рассеянным, хотя в земной коре его содержится в 5 раз больше, чем, например, свинца, и в 250 раз больше, чем серебра. Практическое значение имеет единственный, относительно богатый церием, «минерал» — монацитовый песок. Монацитовый песок представляет собой смесь солей, образованных лантанидами, главным образом церия, лантана и иттрия с фосфорной кислотой.

Совсем недавно церий получали как побочный продукт из монацитового песка Бразильских, Каролинских (в США) и других месторождений. СССР также обладает месторождениями редких минералов, в составе которых имеется церий. При разработке современных методов получения относительно чистого церия выяснилось, что этот металл обладает рядом ценных свойств, которые и обеспечили новые области его применения. Оказалось, что церий хорошо соединяется с кислородом, азотом и водородом.

При выплавке стали в жидком металле остается некоторое количество окислов и растворенного азота. Если их не удалить, то при затвердевании между кристаллами металла расположатся эти окислы и сталь будет хрупкой. В практике сталеварения для уменьшения количества газов и окислов в стали уже давно применяют алюминий, у которого очень большое сродство к кислороду. У церия это сродство еще больше. Поэтому церий в виде сплава с железом или в виде так называемого мишметалла, что в переводе с немецкого означает «смешанный металл», используется как раскислитель в металлургии. Прибавка церия к алюминию (около 0,2%) повышает электропро-

водность алюминия и улучшает его механические свойства. Добавление церия к вольфраму облегчает получение из него проволоки. Небольшая добавка церия к чугуну, изменяет форму свободного графита в самом чугуне.

Этот сильнейший восстановитель позволяет получать ниобий, вольфрам и другие металлы в чистом виде.

Подобно алюминию, церий на воздухе покрывается тонкой пленкой окисла, которая в известной мере защищает металл от дальнейшего окисления. Достаточно слабой кислоты, чтобы растворить эту пленку. Вместе с тем прокаленная двуокись церия совершенно нерастворима в кислотах, обладает большой твердостью и представляет прекрасный материал для шлифовки оптического стекла.

Полирит — порошок для полировки стекла, состоит почти наполовину из двуокиси церия. Вторую половину составляют окислы лантана, неодима и празеодима. Только за счет применения полирита производительность шлифовальных машин за последние пять лет увеличилась в два раза.

Двуокись церия применяется в стекольном производстве. Соединения церия применяются в фотографии, используются как катализаторы при переработке нефти, в производстве пластмасс, искусственных волокон, протравливании тканей, дублении кож и т. д.

Если десять лет назад о церии говорили как о металле зажигалок, то теперь это — металл реактивных двигателей авиационных сплавов и даже зубных протезов. Условия, в которых работают лопасти турбин в реактивных двигателях, очень тяжелые. Огромные скорости вращения и чудовищные центробежные силы в сочетании с температурами в тысячи градусов на заре развития реактивных двигателей приводили к тому, что турбину меняли через каждые десять тысяч километров полета (Москва—Владивосток). Благодаря применению кобальтовых сплавов с добавкой церия «жизнь» турбин увеличена в десятки раз.

А вот еще один пример: легкий металл современной авиации — магний — легко воспламеняется, поэтому магниевые сплавы могут вспыхнуть при температуре выше 150°. Известно, что церий также легко воспламеняется (за-

жигалка), а сплав магния с добавкой церия имеет повышенную жаростойкость.

Как видите, дорогой читатель, простое сложение свойств и в этом случае — нелепость.

Несколько слов о зажигалках. Многим доводилось видеть или пользоваться этим несложным приспособлением для получения огня. Короткий поворот колесика с насечкой, и на фитиле затрепетало пламя горящего бензина. «Кто зажег фитиль? Тот самый мишметалл, о котором уже упоминалось. Мишметалл состоит из церия, а также из железа и других элементов семейства лантанидов. Такой металл обладает пирофорными свойствами, т. е. при откалывании от него мельчайших осколков они самовоспламеняются на воздухе.

Следует отметить существование металлического церия в различных аллотропных формах.

Исключая лантан, церий из всей группы лантанидов обладает наиболее высокой температурой кипения (3600°).

А теперь о зубах, болезнях и... церии; протезы зубов изготавливают из нержавеющей стали со структурой кристаллов аустенитного класса. Их получают путем добавки церия к хромоникелевой стали, которая, как известно, трудно обрабатывается. Благодаря церию эта сталь в руках протезиста бывает мягкой, как... медь до придания нужной формы, а после термообработки твердой, как... сталь. Соли церия помогают даже при морской болезни.

ЗЕЛЕНый БЛИЗНЕЦ

59. Празеодим — Praseodymium (Pr)

Третий член семейства лантанидов был открыт в 1885 г. Ауэром и назван празеодимом. Соли празеодима — светло-зеленого цвета. Отсюда, очевидно, произошло и название металла, расшифрованное нашим знаменитым геохимиком А. Ф. Ферсманом следующим образом: греческое слово «празеос» означает — зеленый, а слово «дидюмос» — близнец, буквально — зеленый близнец. Кому же он приходится близнецом? Очевидно всем лантанидам, и отличается от них зеленым цветом своих соединений.

Несколько лет назад вопрос о том, что делают из празеодима, ставил даже квалифицированного химика в тупик. Действительно, что? Обычный ответ, основанный на литературных данных, сводился к упоминанию «кремней» для зажигалок, сеток газокалильных ламп. Заметим, что празеодим в их состав специально не вводят; он всегда находится вместе с другими лантанидами. Для получения празеодима высокой чистоты (99%) методом дробной кристаллизации потребовалось 5000 повторных опытов и восемь месяцев труда. Кстати сказать, метод дробной кристаллизации предложен русским врачом и химиком Николаем Арсентьевичем Орловым. Метод основан на том, что соли лантанидов, в силу изменения основности в ряду лантан—лютеций, имеют различную растворимость в воде и в растворе щавелевокислой соли (оксалата) аммония.

Двуокись празеодима является составной частью полирующего материала. Окись празеодима используется в производстве окрашенных стекол, где ее присутствие увеличивает светопрозрачность. Окись празеодима нашла применение в качестве катализатора при низкотемпературном окислении аммиака.

Сырьем для получения празеодима, как и всех лантанидов, служит монацитовый песок, о котором уже упоминалось несколько раз.

НОВЫЙ БЛИЗНЕЦ

50. Неодим — Neodymium (Nd)

Некоторое время смесь двух лантанидов считали одним элементом и называли дидим. Но когда в 1885 г. эту смесь удалось разделить на два элемента, их называли: празеодим — зеленый близнец и неодим — новый близнец.

Неодима в природе в три раза больше, чем его близнца — празеодима. У семейства лантанидов существует замечательная закономерность распространения их в природе. Лантаниды с четными номерами более распространены в природе, чем их ближайшие родственники, но имеющие нечетный номер своего «паспорта» в периодической системе элементов Менделеева.

Неодим — серебристо-белый металл, желтеющий на воздухе вследствие медленного окисления. По химическим свойствам похож на лантан. Соединения неодима используются в производстве фарфора и стекла для окрашивания или для обесцвечивания (просветления) их. Окись неодима необходима для получения новейших оптических стекол. В лучших фотоаппаратах применяют так называемую просветленную оптику. Между прочим, неодим используется для изготовления стекол в защитных очках, употребляемых стеклодувами; такие очки предохраняют зрение, задерживая яркие желтые лучи натрия.

Добавка неодима к сверхлегким сплавам магния обеспечивает значительное увеличение их жаропрочности. Прибавки неодима к магниевым сплавам делают их также устойчивыми к морской воде.

Неодимовая соль салициловой кислоты с солью той же кислоты от празеодима под названием «Дималь» нашла себе применение в качестве антисептического средства.

ВО ИМЯ МИРА

61. Прометий — Prometium (Pm)

Несколько лет назад место под № 61 оставалось пустым. Элемент не был найден, несмотря на упорные поиски его в земной коре многими учеными различных стран. Точнее сказать, его много раз «открывали» и столько же раз «закрывали». В истории химии известно немало случаев ошибочных открытий химических элементов, и наибольшая часть их приходится на элементы из группы лантанидов. Австрий и викторий, демоний и дамарий, инкогнитий и космий, люций и неокосмий — вот, в порядке алфавита, начало списка названий, которые с радостью желанного успеха давались вновь «открытым» элементам, оказывавшимися на самом деле или смесью давно уже открытых элементов или результатами ошибок аналитических исследований. Однако ошибки не прошли даром: на основании тщательных изысканий и математических расчетов в начале 30-х годов текущего столетия было показано, что элемент № 61 является уже исчезнувшим в природе и

поиски его в земной коре будут безрезультатными. И тем не менее он был открыт, получен и изучен!

Впервые следы «неуловимого» были обнаружены в 1938 г. при бомбардировке неодима дейтронами, а 9 лет спустя этот элемент был, действительно, открыт, а точнее сказать, был искусственно получен в количестве пяти миллионных долей... грамма.

Мифологический герой Прометей похитил с неба огонь от молнии Зевса и, принеся его на землю в тростнике, передал людям. За такое преступление, гласит легенда, верховное божество древних греков — Зевс приковал Прометея к скале и ежедневно посылал орла терзать беспомощного Прометея. В честь Прометея элемент 61 американскими учеными Дж. Маринским и Л. Гленденином, впервые выделившими новый элемент, был назван прометием. Это название, по мнению американских ученых, получивших элемент прометий, должно было не только символизировать мирное применение атомной энергии, но и предостерегать людей «о грозящей опасности наказания стервятником Войны». Люди открыли атомную энергию не для того, чтобы злобные враги человечества — империалисты использовали ее в военных целях.

Замечательно, что для прометия, так пока и не обнаруженного на Земле, «создано» большое число (12) радиоизотопов, хотя большинство из них недолговечны. Однако изотоп прометия с массовым числом 147 является сравнительно «долгоживущим» (период полураспада 2,7 года) радиоактивным ОВ, образующимся при взрыве атомной бомбы. Замечательно, что этот радиоизотоп сулит стать в практическом отношении одним из наиболее перспективных радиоизотопов всей лантанидной группы элементов.

В атомной батарее на прометии энергия бета-распада радиоизотопа превращается сначала в световую, а затем в электрическую. Источником света в такой батарее является тонко измельченная смесь фосфора с окисью прометия-147 (количество последней не превышает 7 мг). Энергия бета-частиц, воспринимаясь фосфором, превращается в энергию инфракрасного излучения, которое, улавливаясь кремниевым фотоэлементом, превращается в электрический ток. Мощность такой прометиевой батарейки достигает 20 мкв при напряжении около одного вольта.

Внешне батарейка имеет вид диска, не превышающего размерами шляпку... канцелярской кнопки! Исключительная миниатюрность батарейки, безотказность ее работы на протяжении ряда лет (до 5), независимость от внешних факторов (температура, давление и т. д.) безгранично расширяют область практического применения прометиевых батарей. Портативные приемники и многообразная аппаратура, начиная с управляемых на расстоянии тяжелых механизмов и кончая миниатюрными слуховыми «трубками» для тугоухих,— вот диапазон, в котором находит применение атомная батарейка на прометии-147.

Естественный прометий в природе не найден! И тем не менее блестящие успехи ядерной физики вновь ставят на повестку дня вопрос о нахождении его в природе.

Теория показывает, что в результате самопроизвольного деления урана образуется прометий-147 в количестве 10^{-15} г на каждые 100 г урана. Таким образом, урановые руды являются местом, где может находиться естественный прометий.

Возможно образование прометия в природе в качестве продукта радиоактивного распада самария и изотопов неодима — элементов, являющихся ближайшими соседями прометия в периодической системе Д. И. Менделеева. Этот путь образования прометия учеными доказан: прометий-150 получается в результате бета-распада неодима-150. Правда, он недолговечен (период полураспада 2,7 часа) и время, необходимое на выделение его из примесей, достаточно для полного его исчезновения.

Поиски «неуловимого» продолжаются, и очевидно, в ближайшем будущем прометий будет найден на Земле.

СЛОВО ЗНАКОМОГО ЗВУЧАНИЯ

62. Самарий — Samarium (Sm)

В этом названии слух улавливает что-то знакомое. Самара! Старое название «столицы волжской крупчатки». Название города на Волге, с которым связаны жизнь и деятельность В. И. Ленина, А. М. Горького и В. В. Куй-

бышева. В Самаре В. И. Ленин перевел на русский язык «Манифест Коммунистической партии». В Самаре А. М. Горький написал более 30 художественных произведений, в числе которых всем известная «Песня о Соколе». В Самаре под руководством В. В. Куйбышева трудящиеся в дни Великого Октября провозгласили Советскую власть. В честь В. В. Куйбышева, по желанию трудящихся, Самара была переименована в город Куйбышев. К сожалению, не в честь этого славного советского города — центра богатейших нефтяных месторождений, района крупнейшей в мире гидроэлектростанции — назван элемент из семейства лантанидов. История происхождения названия элемента исключительна по своей неожиданности.

В середине прошлого столетия на Алтае и Урале подвизался горный полковник, смотритель горного округа, инженер В. Е. Самарский. Талантами он не отличался, рабочих притеснял, жестоких наказаний не гнушался. Однажды рабочие принесли ему найденный в Ильменских горах неизвестный минерал очень красивого бархатно-черного цвета. Присутствовавший при этом угодливый чиновник предложил назвать минерал самарским. Минерал поместили в коллекцию под этим названием. В 1879 г. минерал попал в руки французского химика Лекко-де-Буабодрана. Он нашел в минерале новый элемент и назвал его по имени минерала самарием. Так случайно было увековечено имя полковника Самарского. Сколько в этом несправедливости! Если уж называть элемент именем человека, открывшего минерал, то нужно найти подлинного первооткрывателя-труженика.

В своих соединениях самарий — двухвалентный металл. У него проявлена, правда чрезвычайно слабо, радиоактивность. Он излучает альфа-частицы, переходя в неодим. Из химических элементов с порядковыми номерами до 83 только у самария наблюдается природная альфа-радиоактивность. Источник получения самария — редкоземельные минералы, в которых самарий находится совместно с другими элементами цериевой группы.

Исследованиями последних лет установлено, что в некоторых районах самарий содержится в гранитах, к тому же, в заметных количествах. В среднем, каждая тонна гранита содержит 17,3 грамма самария.

Стекло, содержащее окись самария, поглощает нейтроны. Уже одно это делает самарий ценнейшим мате-

риалом атомной техники (прозрачные блоки в защите атомного реактора).

Соединения самария применяются в качестве добавки (активатора) к материалу люминофоров, дающих одиночные вспышки. На грамм основного материала добавляют от одной тысячной до одной стотысячной доли грамма активатора. Подобные люминофоры используются при исследованиях инфракрасного излучения в астрономии, для обнаружения вредного радиоактивного излучения в ядерных лабораториях и т. д. В некоторых случаях все устройство имеет вид перстня.

Не исключается возможность применения самария и его сплавов для изготовления регулирующих стержней в ядерных реакторах.

Как известно, управление ядерным котлом (реактором) осуществляется с помощью стержней из кадмия или бористой стали (кадмий и бор «жадно» поглощают нейтроны). Такие стержни, находясь в реакторе, поглощают нейтроны, уменьшая число делений атомов урана. Очевидно, изменяя глубину погружения поглощающего стержня в реактор, можно регулировать работу атомного котла.

Величина поглощения нейтронов каким-либо материалом определяется так называемым поперечным сечением радиационного захвата. Под ним понимают сечение сферы, описанной вокруг ядра, попав в которую нейтрон может быть захвачен. Таким образом ядру приписывается эффективная площадь мишени. Площадь сечения равную $1 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2$ называют «барн», очевидно чем она больше, тем выше способность к захвату нейтронов. У самария величина поперечного захвата составляет 6500 барн и превосходит значения ее для кадмия (2500 барн) и бора (3000 барн).

ЛЕГЧАЙШИЙ ИЗ ЛАНТАНИДОВ

63. Европий — Europium (Eu)

Даже в словарях последнего выпуска об элементе «европий» сказано более чем кратко: «см. редкоземельные элементы». Европий к моменту издания энциклопедического словаря (1955 г.) еще не «заслуживал права»

даже на несколько строк. В справочниках пишут кратко: открыт химиком Дэмерез в 1901 году, температура плавления 1150° , трудно отделяется от лантанидов.

Большинство химиков никогда не видели соединений европия. Его в земной коре в 70 раз больше, чем серебра и в 1000 раз больше золота. Добавим для характеристики европия следующее: обычная валентность — три, но в некоторых соединениях бывает и двухвалентным. Соли окрашены в розоватый цвет. Выделить эти соли в чистом виде из смеси с солями других редкоземельных удалось лишь после длительной и хлопотливой работы в 1940 г.

Только этим можно объяснить, что в 1952 г. 1 кг окиси европия чистотой 98—89% стоил в США 300 тысяч долларов, причем окись европия продавалась партиями по... 5 грамм.

Европий — самый легкий из лантанидов. Его плотность составляет $5,166 \text{ г/см}^3$, т. е. более чем в полтора раза меньше железа. В последние годы радиоактивный изотоп — европий-155 (период полураспада 1 год 250 суток) благодаря наличию гамма-излучений используется в целях медицинской диагностики и дефектоскопии. Легкие и портативные рентгенопросвечивающие аппараты, созданные на основе радиоактивного изотопа европия, оказались очень удобными для проверки качества тонкостенных металлических деталей. Просвечивание гамма-лучами европия стальных изделий при толщине стенок до 15—20 мм, а также изделий из титановых сплавов до 30—40 мм и алюминиевых — до 50—60 мм показывает, что европиевая гамма-дефектоскопия обладает в 2—4 раза более высокой чувствительностью в сравнении с широко используемыми радиоизотопами цезия и кобальта.

Европий — один из пяти элементов, которые отличаются от всех остальных своих «родственников» большой распыленностью. Даже в монацитовом песке его содержится не более 0,002%.

Исключая лантан, церий, неодим и лютеций, европий, несмотря на распыленность и редкость нахождения в природе, изучен лучше всех остальных лантанидов. Этому способствовал главный химик Чикагской фирмы «Линдсей Дайт энд Кемикл К^о» Мак-Кой. Сумев, в результате упорного труда, получить несколько сот граммов солей европия, он, не скупясь предоставлял их для исследования или давал взаймы другим ученым, что освобож-

дало исследователей от весьма трудоемких методов выделения и очистки европия и давало возможность непосредственно изучать его свойства.

В ЧЕСТЬ ФИНСКОГО ХИМИКА

64. Гадолиний — Gadolinium (Gd)

Гадолинит — это минерал, содержащий целый ряд элементов. Главные из них нам уже знакомы. Это — бериллий, железо, кремний, кислород и небольшое количество редкоземельных элементов (церий, иттрий и др.). Черный или зеленовато-черный гадолинит, внешне похожий на асфальт или уголь, вначале назывался иттербитом, по месту своего нахождения в заброшенном карьере вблизи шведского городка Иттерби. Гадолинит — минерал сравнительно редкий, крупнейшие месторождения его находятся в Норвегии и Швеции. Название получил от имени финского профессора химии Ю. Гадолина, впервые исследовавшего этот минерал.

Впервые гадолинит (иттербит) был обнаружен в 1787 г. лейтенантом шведской армии Карлом Аррениусом, коллекционером минералов, любителем химии и минералогии.

Гадолинит оказался минералом, положившим начало длинному ряду исследований, неоднократно приносивших радость успехов и горечь неудач, замечательных достижений и роковых ошибок, истинных открытий и невольных заблуждений. И безусловно справедливо писал известный финский минералог Флинк по адресу гадолинита, что этот минерал сыграл в истории неорганической химии значительно бóльшую роль, чем какой-либо другой.

В 1880 г. в этом минерале швейцарским химиком Ж. Ш. Мариньяком был обнаружен элемент из семейства лантанидов. В 1886 г. новому элементу в память финского химика, члена-корреспондента Петербургской академии наук Ю. Гадолина, было присвоено название гадолиний. В природе гадолиния почти столько же, сколько и свинца, но в отличие от свинца гадолиний весьма рассеян в земной коре.

Несколько лет назад о гадолинии можно было сказать только «не находит применения» и это соответствовало бы истине. Но после первых исследований его свойств обнаружили такие возможности применения, которые открывают необъятные просторы для использования его в технике. Прежде всего перспективное применение гадолиния в виде сплавов для изготовления регулирующих стержней в ядерных реакторах. Дело в том, что величина поперечного захвата у гадолиния очень велика — в 18 раз превышает таковую для кадмия (2500 барн), широко применяемого для регулирования работы атомных реакторов.

До сих пор атомные реакторы, эти мощнейшие источники нейтронного излучения, изолируются многометровыми бетонными стенами, которые можно легко воздвигнуть на земле и сравнительно просто на большом корабле вроде ледокола «Ленин». Но представить самолет с двигателем весом в одну тысячу тонн пока невозможно. Совсем иной будет картина при наличии больших количеств гадолиния: лист толщиной в несколько сантиметров станет достаточной защитой, и проект автомобиля с атомным двигателем перейдет из рук автора фантастических романов в руки конструктора, механика, токаря, химика, физика.

Однако получение гадолиния в чистом виде трудоемко и стоимость его высока (1 кг окиси гадолиния стоит в США 6000 долларов, такое же количество золота — 1100).

Есть еще одна область техники, тесно связанная с нашим бытом, в которой гадолиний «обещает» совершить настоящую революцию — это получение холода. Теоретическую основу будущих холодильных аппаратов составляют магнитные свойства гадолиния. Соединения гадолиния (сернистый или хлористый гадолиний), являясь сильно парамагнитными веществами, применяются в научных исследованиях для получения сверхнизких температур. Это достигается довольно оригинальным способом. Соль гадолиния, находящаяся в хорошо изолированном пространстве, заполненном инертным газом, помещается в магнитное поле. Соль нагревается, а от нее нагревается газ. Затем газ откачивается, магнитное поле удаляется и соль, таким образом, охлаждается до температуры ниже начальной. Многократное повторение этого цикла ведет к снижению температуры, которая может достигнуть величин весьма близких к абсолютному нулю.

МЛАДШИЙ «БРАТ»

65. Тербий — Terbium (Tb)

В 1843 г. возле шведского городка Иттерби был найден минерал, содержащий редкоземельные элементы. При исследовании этого минерала была выделена окись, которую некоторое время принимали за индивидуальное однородное вещество, за окись одного элемента. Затем выяснилось, что эта «редкая земля» содержит несколько элементов из семейства лантанидов. Первым из них был выделен элемент (как оказалось затем) с нечетным номером 65, два других имели четные номера и были выделены в порядке их следования сначала с номером 68, а затем — 70. Большое значение в их открытии сыграл спектральный анализ. Все они, как «родные братья», получили названия от городка, вблизи которого находилась их родина. Однако, чтобы не было путаницы, их названия сделали несколько отличными одного от другого. Иттербий — имя старшего «брата» (70), имя тербий получил младший «брат» (65), имя среднего (68) — эрбий.

Тербий, открытый Мозандером, — второй в числе семейства лантанидов — отличается от остальных своих близких и дальних «родственников» малой распространенностью в природе.

До настоящего времени тербий применения, даже самого ограниченного, не находит.

Радиоактивный изотоп тербия — тербий-160 применяется в качестве радиоактивного индикатора в аналитической химии при изучении процессов одновременного осаждения трудно разделяемых смесей лантанидов и других элементов.

ТРУДНОДОСТУПНЫЙ

66. Диспрозий — Dysprosium (Dy)

Пожалуй, самое примечательное в «биографии» этого элемента — его название: диспрозий, «диспрозитос» — по-гречески труднодоступный.

Лекок-де-Буабодран в 1886 г. характеризовал элемент: редкий, распылен по земному шару, трудно отделим от других «рядовых» лантанидов.

История диспрозия связана с теми «элементами», которые в разное время были «открыты», получили название, а затем «закрывались», так как представляли либо смесь элементов, либо ошибку анализа. Но в этой смеси всегда находился диспрозий.

Магнитные свойства диспрозия и его соединений открывают ему пути в радиотехнику и электронику.

НЕПРИМЕНЯЕМЫЙ

67. Гольмий — Holmium (Ho)

Гольм — слово, которое на всех германских наречиях служит для обозначения прибрежных островов. Окончание этого слова входит в многочисленные названия портовых и прибрежных городов, в частности и в название столицы Швеции — Стокгольм.

В честь латинского названия шведской столицы — Гольмиа — шведский химик П. Клеве произвел «имя» открытого им в 1879 г. нового элемента, оказавшегося из семьи лантанидов.

Независимо от Клеве гольмий был открыт в 1878 г. швейцарским химиком Соре.

Гольмий — один из редчайших лантанидов, находится в монацитовом песке и некоторых других минералах. Присутствует всегда с другими членами этого семейства, от которых с величайшим трудом отделяется после буквально многотысячных перекристаллизаций.

О применении в чистом виде говорить не приходится: его не применяют из-за чрезвычайной трудности получения и связанной с этим исключительно высокой стоимости.

Достаточно указать, что в США один килограмм окиси гольмия стоит 350000 долларов, т. е. почти в 320 раз дороже равного веса золота. Еще дороже ценится чистый металл.

Радиоактивный изотоп гольмия — гольмий-166 находит применение в аналитической химии в качестве радиоактивного индикатора.

СРЕДНИЙ «БРАТ»

68. Эрбий — Erbium (Er)

Эрбий открыт Мозандером в 1843 г. О перспективах применения ничего сказать нельзя. Содержание этого элемента в земной коре так же невелико, как и большинства лантанидов.

Некоторые соли эрбия увеличивают количество гемоглобина и число красных кровяных телец в крови теплокровных животных. Не исключается возможность использования таких соединений в медицине.

Между прочим, в качестве исторического курьёза следует отметить, что сам Мозандер называл элемент с номером 65 эрбием. Элемент 68 он же назвал тербием. Отсутствие системы — классификации известных химических элементов, — привело к тому, что в журнале решили расположить элементы в порядке... количества букв в слове. «Мозандеровский эрбий» стал называться тербием, а тербий — эрбием. Так и остались эти названия до сих пор!

В ЧЕСТЬ СКАНДИНАВСКОГО ПОЛУОСТРОВА

69. Тулий — Thulium (Tl)

В названии «тулий» слышится что-то знакомое. Не старинного ли русского города Тулы, прославленного знаменитыми мастерами-оружейниками, большими знатоками металлов, произошло название этого элемента?

А может быть, основанием для названия элемента послужили два города с названием Тула в Мексике, один из которых расположен на высоте двух километров над уровнем моря в штате Гидальго, а другой — в плодородной долине штата Тамалиупас?

Нет! Не от имени этих трех одноименных городов произошло название тулия. Основанием для его названия послужил не город, а целая... страна.

«Тула» — название полуполюгендарной страны, которую географы древности считали самой северной частью Земли, что соответствует для Европы Скандинавскому полу-

острову. Его древнее имя и послужило основанием шведскому химику Клеве для названия открытого им в 1879 г. нового элемента. Тулий — четвертый из семьи лантанидов, отличающийся от большинства своих «родственников» малой распространенностью в природе.

Причину малой изученности соединений тулия можно объяснить следующим образом для того, чтобы получить концентрат, содержащий 20 процентов тулия, понадобилось... шесть лет! Для того, чтобы повысить содержание тулия в концентрате до 99 процентов, понадобилось еще... четыре года.

Хроматографический метод значительно упростил разделение лантанидов, однако в 1955 г. стоимость одного килограмма металлического тулия в США составляла 300 тысяч долларов.

После открытия рентгеновских лучей, к автору открытия Вильгельму Конраду Рентгену многие больные обращались за помощью. Не обошлось дело и без курьезов: один из просителей умолял «прислать несколько лучей» для просвечивания грудной клетки. Не лишенный остроумия автор попросил больного «прислать грудную клетку». Оставив в стороне комическую сторону дела, заметим, что и сейчас врачи доставляют больного к рентгеновскому аппарату, а не наоборот. В целом ряде случаев это очень усложняет диагностику.

Радиоактивный изотоп тулия — тулий-170 (период его полураспада 129 дней), обладающий мягким гамма-излучением, все шире и шире используется для целей медицинской диагностики и дефектоскопии. Рентгенопросвечивающие аппараты с радиоактивным тулием исключительно просты и в основном состоят из стальной трубки, в которой находится небольшое количество радиоактивного тулия (0,1—0,2 г), заключенной в защитный свинцовый футляр. Радиоизотоп связан со спусковым тросиком, действием которого препарат пододвигается к плексигласовому окошечку, смонтированному в переднюю часть аппарата, что дает возможность вести просвечивание или облучение.

Советские ученые, разработавшие специальное фотоэлектрическое устройство, усиливающее гамма-излучение тулия, получают сверхконтрастные изображения, раздвинув тем границы применения радиоактивного тулия. Легкость (вес аппарата не превышает 2 кг), порта-

тивность, независимость работы от наличия тока, а главное — простота в обращении, не требующая специального обслуживающего персонала, специального оборудования, делают рентгенопросвечивающие аппараты с тулиевым радиоизотопом незаменимыми в медицинской практике, особенно при обслуживании нетранспортабельных больных. Отработанные «заряды» радиоактивного тулия регенерируют повторным облучением нейтронами.

Портативный рентгеновский аппарат приносит пользу и археологам. В одном из музеев находился шлем ассирийского воина (IX в. до н. э.). На внутренней бронзовой прокладке, как показало исследование с помощью тулия-170, были найдены незаметные на глаз, символические надписи. Теперь их удалось прочитать!

В настоящее время тулий-170 используют для дефектоскопии легких металлов и сплавов, а также тонких стальных изделий (1—2 мм). Наиболее часто используемые изотопы кобальт-60, цезий-137, и иридий-192 в этих случаях не пригодны. Тулий-170 позволяет просвечивать алюминиевые изделия толщиной до 70 мм. Готовят тулий-170 облучением нейтронами окиси тулия, заключенной в алюминиевые ампулы. Тулий — один из самых тяжелых редкоземельных элементов; его плотность составляет 9,32.

СТАРШИЙ «БРАТ»

70. Иттербий — Ytterbium (Yb)

Предпоследним в списке «родственников» большой семьи лантанидов является элемент иттербий. Довольно полная характеристика иттербия как и некоторых его «родственников», может быть дана в нескольких словах: открыт в 1878 г. швейцарским химиком Ж. Ш. Мариньяком как примесь к элементу эрбию.

Однако иттербий оказался смесью двух лантанидов, которые в 1907 г. были разделены французским химиком Ж. Урбеном и независимо от него Ауэром. Одному из них было оставлено прежнее название. Среди прочих лантанидов иттербий отличается низкой температурой кипения— 1800°. В противоположность большинству представителей лантанидов, способных частично выделяться

из своих хлористых соединений в результате действия на них водорода при 800° (причем легкость выделения возрастает в семействе лантанидов от первого их члена к последнему), иттербий в свободном состоянии не выделен. Также ведут себя самарий и европий.

Практического применения не имеет из-за чрезвычайной редкости.

ПОСЛЕДНИЙ ЧЛЕН СЕМЕЙСТВА ЛАНТАНИДОВ

71. Лютеций — Lutetium (Lu)

О последнем элементе из семейства лантанидов, так же как и о некоторых других, много не скажешь. В отличие от всех лантанидов, а также и большинства других элементов периодической системы Д. И. Менделеева, он имеет два названия: лютеций и кассиопей. Лютеций — древнее название Парижа, а точнее, главного города кельтского племени — паризиев — на р. Сене. В честь него французский химик Ж. Урбен и назвал новый элемент, открытый им в 1907 г. Одновременно новый элемент нашел К. Ауэр — австрийский ученый и назвал его кассиопеем по имени одного из наиболее ярких, незаходящих созвездий Северного неба Кассиопеи. Этот элемент находится в монацитовом песке.

От своих «родственников» отличается наименьшим атомным радиусом, наибольшей плотностью (9,74) и температурой плавления ($1659-1750^{\circ}$). В металлическом виде лютеций не получен еще до сих пор. Соединения лютеция применения пока не находят. В немецкой литературе элемент называют кассиопеем и ныне, а химики других государств узаконили название лютеций.

СПУТНИК ЦИРКОНИЯ

72. Гафний — Hafnium (Hf)

Серебро и золото, хотя и не химически чистые, видел каждый. Но спросите у кого-нибудь о гафнии, и большинство ответит, что ни гафния, ни его соединений они не

видели. А между тем атомов гафния в природе в 25 раз больше, чем серебра и в 1000 раз больше, чем золота. В чем же дело, почему мы не сталкиваемся с гафнием? Ответ очень простой: гафний — элемент весьма распыленный. Пригодные для промышленной переработки месторождения имеются в немногих пунктах земного шара.

В 1922 г. Ж. Урбен после многолетних работ с «редкими землями» выделил новый элемент. В честь населявших некогда территорию современной Франции древних племен, кельтов, новый элемент был назван кельтием. Выяснилось, что химические свойства нового элемента не соответствовали тем, которые он должен был иметь, исходя из места в периодической системе элементов — 72. Исходя из периодического закона Д. И. Менделеева, химик Г. Хевеши и физик Д. Костер, отыскивая аналог циркония, естественно, искали его в минералах, заключающих последний. И действительно, в первом же минерале, подвергнутом исследованию — норвежском цирконите, — они открыли новый элемент с помощью излучения рентгеновского спектра (1923 г.). В честь древнего названия столицы Дании — Гафния — открытый элемент назвали гафнием. Впоследствии было установлено, что гафний всегда сопутствует цирконию не только в естественных минералах, но и различных искусственно полученных препаратах. Кельтий же оказался смесью уже известных элементов редкоземельной группы. Трудность выделения гафния из природных соединений является причиной, ограничивающей его практическое использование.

Сходство химических свойств гафния и циркония и в связи с этим трудность их разделения обусловлены тем, что радиусы ионов циркония и гафния практически равны.

Гафний в два раза тяжелее циркония, плавится при более высокой температуре (2230°), чем цирконий. Не менее интересен такой ряд температур плавления: окись гафния — 2912° , борид гафния — 3250° , нитрид гафния — 3310° , карбид гафния — 3890° ; именно поэтому нитриды тугоплавких металлов, в том числе гафния, представляют основу жаропрочных сплавов, высокотемпературных огнеупоров, твердых материалов, сплавов радио- и электротехнического назначения (болметров, резисторов, термокатодов).

МЕТАЛЛ ХИРУРГОВ

73. Тантал — Tantalum (Ta)

Тантал в греческой мифологии — любимый сын Зевса. Будучи на правах любимца Зевса допущенным к трапезам богов, Тантал возгордился этим и, пригласив богов к себе на пир, подал им в виде угощения мясо собственного сына Пелопа, желая проверить их всеведение. За это преступление Тантал был наказан голодом и жаждой. Он был «заточен» в пруд, где стоял по горло в воде, под деревом, ветви которого свисали и гнулись под тяжестью спелых плодов. Всякий раз, когда Тантал, томимый жаждой, открывал рот, чтобы напиться, — вода утекала от него; когда, мучимый голодом, он поднимал руку, чтобы сорвать плод — ветка с плодами уклонялась в сторону. Так древний миф описывал «танталовы муки».

Такие же муки перенесли химики, изучавшие свойства тантала, и особенно те ученые, которые пытались выделить тантал в чистом виде.

150 лет в коллекции Британского музея в Лондоне лежал ничем не примечательный минерал темного, почти черного цвета. От куска угля он отличался только очень тяжелым весом да прожилками золотистой слюды. Своей тяжестью минерал и привлек внимание химика К. Гэтчета, который исследовал неопиcанные минералы коллекции. Анализ показал наличие в минерале железа, кислорода и еще одного неизвестного элемента. По имени минерала, названного в честь Америки, где он был найден, — колумбита — открытый элемент назвали колумбием, а минерал... положили в коллекцию. Это было в 1801 г. Год спустя химик Экеберг в минералах Скандинавского полуострова нашел новый элемент, который из-за мучительной трудности выделения был назван танталом. Изучая свойства колумбита, некоторые исследователи все более и более склонялись к мысли, что колумбий и тантал тесно смешаны в минерале колумбите.

В 1844 г. известный немецкий химик Г. Розе доказал, что в колумбите находятся два трудно делимых элемента — ниобий и тантал. Они же вместе присутствуют и в минерале танталите, в манганотанталите, в ферротанталите и в некоторых других редких минералах. Наконец,

было установлено, что колумбий и тантал почти всегда находятся вместе и, что разделить их очень трудно.

В чистом виде тантал представляет собой серо-стальной, тяжелый (уд. вес 16,6), тугоплавкий (плавится при 3000°) металл. Твердый и вместе с тем пластичный, он совмещает в себе химическую стойкость платины и деформируемость золота, которое можно прокатать в тончайшие листочки. Тантал нерастворим в кислотах и их смесях. Не растворяет его и «царская водка», пожирающая все металлы. Только смесь плавиковой кислоты с азотной действует на тантал.

Тантал явился конкурентом платины, он оказался незаменимым для изготовления химической аппаратуры. На одном из предприятий, использующих газообразный хлористый водород, детали аппарата из нержавеющей стали полностью разрушались за 2 месяца. Достаточно было заменить нержавеющую сталь танталом и срок службы самых тонких частей (0,3—0,5 мм) увеличился до 20 лет. В недавнем прошлом тантал применялся для изготовления нитей в электрических лампочках, которые так и назывались танталовыми. Ныне он заменен более дешевыми металлами.

Одна из областей человеческого знания считает тантал совершенно незаменимым. Это — хирургия. В противоположность другим металлам тантал обладает замечательным свойством: вшитый в живые ткани (мышцы, кости), он совершенно не раздражает их. И это ценное свойство тантала используется в восстановительной хирургии. В виде тонких пластинок, проволоки, шурупов, гвоздей он находит себе применение в костной и пластической хирургии для скрепления обломов костей, закрывания отверстий в костях черепа и т. д. В экспериментальной хирургии с помощью тантала решаются смелые хирургические проблемы, еще недавно считавшиеся областью мечты и фантазии.

Важным сырьем для получения тантала и ниобия служат колумбитоносные граниты, залежи которых особенно велики в районе Плато Джос (Северная Нигерия). Соединенные Штаты Америки вывозят из Нигерии обогащенную руду и накапливают концентраты, ибо считают тантал важнейшим стратегическим металлом. По этому поводу один из американских писателей образно сказал: «... если говорить, что самолеты производят у нас, на

нашей территории, то это фикция, потому что жаропрочные сплавы для самолетов нам дает Африка». Вот одна из причин козней и происков империалистов в Конго, Камеруне, Нигерии.

САМЫЙ ТУГОПЛАВКИЙ МЕТАЛЛ

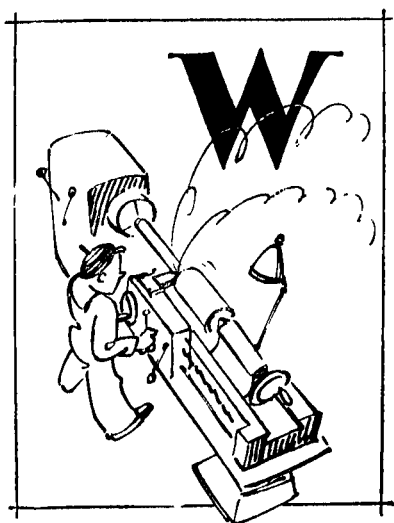
74. Вольфрам — Wolframium (W)

Температура нити электрической лампочки превышает 2500° . Большинство металлов при такой температуре плавится, некоторые же кипят и быстро испаряются. В данном случае выручает вольфрам — самый тугоплавкий из всех металлов. Температура плавления вольфрама достигает 3410° . Трудно переоценить значение вольфрама в производстве электрических ламп, особенно если учесть, что в мире ежегодно изготавливают несколько миллиардов электрических лампочек. Несколько миллиардов! Чтобы составить себе представление о грандиозности этих цифр достаточно сказать, что, например, миллиард минут составляет более 19 столетий. И только 56 лет назад, 29 апреля 1902 г., в 10 часов 40 минут, человечество начало считать второй миллиард минут с первого дня нашего летосчисления.

Миллиард спичек содержится в 20000000 коробок. Из такого числа коробок можно сложить штабель, который при десяти метрах в длину и ширину будет иметь пять с четвертью метров высоты. В объеме 525 куб. метров содержится только миллиард спичек, а лампочек ежегодно производится несколько миллиардов!

В изломе куса чугуна или стали можно различить отдельные кристаллы. Иногда они крупные и видимы простым глазом, чаще — мелкие, различимые с помощью лупы или только под микроскопом. Но всегда таких кристаллов множество и, как говорят в таких случаях, кусок металла имеет поликристаллическую структуру. Совсем иначе выглядит волосок электролампы: прежде всего — это один кристалл или, как говорят в технике, монокристалл (от греческого «монос» — один). Много усилий потратили исследователи, пока нашли условия, при которых из вольфрамового порошка можно получить

монокристалл в виде проволоочки большой длины. Если учесть, что температура плавления вольфрама равна 3410 градусов, можно представить, как трудно его получить в чистом виде. В этом состоит, главным образом, объяснение тому, что вольфрам, открытый еще в 1781 г. и выделенный с примесями в 1783 г. Дон-Фаусто-Дель-Гюаром, был получен в чистом виде лишь через 67 лет.



Вольфрам растворяется лишь в смеси двух кислот: плавиковой и азотной. В «царской водке» (смесь соляной и азотной) происходит лишь медленное окисление вольфрама с поверхности.

Так, волосок электролампы — это монокристалл вольфрама толщиной всего в несколько сотых долей миллиметра. Работа широко используемого в наши дни кенотронного выпрямителя также невозможна без вольфрама. Электроды кенотрона, спираль и пластинка изготавливаются из вольфрама. Из вольфрама же изготавливаются и антикатоды мощных рентгеновских трубок.

При случае осмотрите контакты прерывателя на магнето, установленном в моторе трактора. В тех местах, где сотни раз в секунду вспыхивает и гаснет электрическая искра — на контактах прерывателей — укреплен тоненькая табличка из вольфрама. При использовании любого другого материала двигатель не мог бы долго работать: контакты будут «пригорать», окисляться, и продукты окисления надо убирать, счищать. Хорошо, если зачистку контактов можно осуществить на земле, а как быть, например, в воздухе, если откажет мотор самолета? Вольфрам и здесь оказывается незаменимым.

По всей нашей стране известны имена прославленных новаторов производства: Семинского — токаря одного из

киевских заводов, москвича Быкова и многих других. Выдающиеся успехи в обработке металлов, достигнутые этими замечательными людьми, связаны с высоким патриотизмом, технической грамотностью, смекалкой и постоянным исканием новизны. Знатный токарь одного из машиностроительных заводов Колесов разработал собственную конструкцию резцов для токарного станка, позволяющих обрабатывать детали с такой скоростью, что сам резец нагревается до красного каления. Можно без преувеличения сказать, что определенная доля успеха объясняется присутствием вольфрама в острие резца. Еще в годы первых пятилеток в нашей стране были разработаны методы получения так называемых сверхтвердых сплавов — победита, стеллита, «ВК» и других. Эти сверхтвердые сплавы используются для производства пластинок, которые припаиваются к резцу. Собственно, эта напайка и является рабочей частью режущего инструмента. Хотя название «сверхтвердые сплавы» широко распространено в технической литературе, оно не отвечает природе этих материалов. Так называемые «сверхтвердые сплавы» представляют собой смесь порошков карбидов, сцементированных кобальтом. К тому же получают эти «сплавы» не сплавлением, а, как уже упоминалось, спеканием. Обязательной составной частью сверхтвердых материалов являются карбиды вольфрама. Такие сплавы содержат 78—88% вольфрама, 6—15% кобальта и 5—6% углерода. Допуская огромные скорости обработки металла, они не теряют твердости даже при нагревании до 1000°. Аналогичный «сверхтвердый сплав» в Германии называется «видиа» — от сокращенного слова: «ви диамант» — «как алмаз». В известной мере такое сравнение закономерно: пластинки для резцов успешно заменяют роль алмаза в коронках для бурения нефтяных и газовых скважин. По твердости «победит» приближается к алмазу, но выгодно отличается от него меньшей хрупкостью и большей дешевизной. Большие количества вольфрама используются для получения высокопроцентного сплава вольфрама (50—80%) с железом — ферровольфрама, расходующегося для разнообразных нужд металлургической промышленности.

В буквальном переводе название «вольфрам» означает «волчья пасть». Происхождение названия связано со следующим явлением. Если в оловянной руде находятся

соединения, содержащие вольфрам, количество получаемого олова значительно уменьшается. Вольфрам съедает олово, как волк овцу. Минералы, содержащие вольфрам, имеют большой вес. По этой причине один из таких минералов получил название «тунгстен» — «тяжелый камень». Во Франции и Англии этим названием обозначается и сам вольфрам.

Мировая добыча вольфрама возрастает с каждым годом. Главными поставщиками вольфрама являются Бирма и Китай.

НАХОДКА В «ПУСТОЙ» ЗЕМЛЕ

75. Рений — Rhenium (Re)

В 1929 г. английская фирма обратилась к директору далекого сибирского завода с предложением заключить необычное торговое соглашение. Фирма просила продать ей пустую породу — отбросы производства этого завода цветных металлов, из которой, казалось, все уже полностью «выжали». Фирму не смущало расстояние. Десятки тысяч тонн «пустой» земли нужно было провозить через половину Азии и всю Европу. Повышенный интерес к отбросам заставил насторожиться. Лучшим химикам завода было дано задание произвести анализ «пустой породы» на присутствие в ней редких элементов. Анализы были произведены, и химики нашли в ней редкий металл, который всего четыре года тому назад был обнаружен германскими химиками, супругами И. и В. Ноддак. В честь реки Рейн (от латинского названия «ренус») и одноименной провинции открытый металл назвали рением.

Между прочим, известный чешский ученый И. Друце, почетный член Академии наук Чехословакии, в монографии, посвященной истории открытия, химическим свойствам и применению металлического рения считает, что утвердившееся мнение о бесспорности приоритета в открытии рения Вальтера Ноддака и Иды Ноддак (Таке) не имеет под собой прочной основы. Дело в том, что совершенно независимо от них, открывших рений в молибдените, И. Друце совместно с Ф. Лорингом выделили рений из пиролюзита. Причем И. Друце считает, что вместе с ними

честь открытия рения должны разделить также чешские ученые Я. Гейровский и В. Долейжек. Они установили наличие следов рения в неочищенных марганцевых препаратах с помощью изобретенного Я. Гейровским полярографа. В. Долейжек подтвердил наличие нового элемента рентгенографическими исследованиями. Наряду с этим И. Друце отмечает, что задолго до работ супругов Ноддак, Друце и Гейровского русские исследователи Герман (в 1846 г.) и С. Керн (в 1877 г.) установили существование нового элемента, обладавшего свойствами, которые затем были описаны у рения. Герман назвал этот элемент ильмением, а С. Керн в честь знаменитого английского химика Дэви — девием. Следует отметить то обстоятельство, что хотя открытие русских ученых было незаслуженно забыто, качественная реакция на рений (через роданидовый комплекс), открытая С. Керном, используется в аналитической химии до настоящего времени. Несомненное существование рения было предсказано (1871 г.) Д. И. Менделеевым под именем двимарганца (от санскритского «дви» — два; экамарганцем оказался технеций).

Рений — один из самых тяжелых (уд. вес 210) и тугоплавких (3170°) металлов, по внешнему виду напоминающий платину. Свойства рения оказались чрезвычайно ценными для электротехнической промышленности. Так, например, при нагревании до 1500° он почти не соединяется с кислородом и не распыляется. На чистый рений не действуют соляная, серная и плавиковая кислоты. Даже при кипячении в этих кислотах рений не растворяется. Незаменимость металлического рения для нитей электроламп, большая долговечность по сравнению с вольфрамовыми нитями были причиной повышенного интереса английской фирмы к отвалам сибирского завода, содержащим рений. Единственное препятствие для широкого применения рения представляет трудность его получения. Достаточно указать, что в минералах, содержащих рений, например в молибденитах, самых богатых по содержанию рения, количество его не превышает нескольких граммов на тонну руды. К тому же чистый минерал молибденит почти на 80—90 процентов всегда разбавлен пустой породой. Вот и подсчитайте, сколько нужно переработать руды, содержащей рений, чтобы получить 1 грамм металла.

Производство рения особенно широко стало развиртываться с 1929 г. в Германии. В 1930 г. мировое производство рения составляло всего... 3 грамма. А через 10 лет, в 1940 г. лишь в Германии было выработано 200 килограммов рения. Весьма немного! Для сравнения укажем, что золота добывают несколько сот тонн в год. Добыча подобных распыленных элементов представляет даже при нынешнем уровне знания и при разнообразии приемов достаточно сложную задачу. Как правило, предварительная подготовка сырья состоит в обогащении методом флотации. Используя образное сравнение, процесс флотации можно описать так: в толпе зрителей (пустая порода), находится один воздухоплаватель (минерал), который должен отделиться от толпы. Роль воздушного шара для полета играет пузырек воздуха, с оболочкой из масла (флотарегент). Регулятором процесса является погода (характер водного раствора) при которой происходит подъем; вещества-подавители выполняют роль мешков с песком, регулирующих скорость подъема. Канатом служат силы смачивания, которые приклеивают минерал к воздушному шару — масляному пузырьку. Множество пузырьков с крупинками минерала и есть конечный продукт флотации — концентрат.

Являясь прекрасным материалом для изготовления термопар (часть прибора для измерения температур), электродов, кончиков перьев авторучек, острий-опор компасных стрелок и других деталей, где высокая устойчивость должна сочетаться с большой твердостью и наименьшей изнашиваемостью, рений из-за высокой стоимости и ограниченности сырья для его получения, используется все еще в небольших масштабах.

Приходится сожалеть, что природа так бедна рением, на долю которого приходится всего лишь несколько миллиардных долей процента ($9-10^{-9}$) от общего числа атомов земной коры.

МЕТАЛЛ — ТЯЖЕЛОВЕС

76. Осмий — Osmium (Os)

Попробуйте подсчитать, какой путь совершает кончик пера автоматической ручки при движении по бумаге только в пределах одной тетради в 12 листов. Путь этот

будет зависеть от величины букв, манеры письма, в общем от почерка; в среднем он составляет 150—250 метров. Четверть километра — путь немалый! Теперь представьте, сколько трения на этом пути выдерживает кончик пера: ведь идет непрерывная шлифовка пера о бумагу. Правда, бумага не наждак, не кварцевый песок и даже не тертый кирпич, но путь большой и нагрузка изрядная. Значит, от кончика пера требуется большая прочность, вернее, исключительная твердость. Требуемой твердостью обладает не всякий металл и не всякий сплав металлов. Особенно пригоден для этой цели сплав осмия с иридием.

Замечательной особенностью осмия является его вес. Осмий — самый тяжелый металл на Земле. Удельный вес осмия составляет 22,6, т. е. он в два раза тяжелее свинца и почти в три раза тяжелее железа.

Чистый осмий — синевато-серый, тугоплавкий (2700°), твердый, но хрупкий металл. Хрупкость осмия так велика, что его можно истолочь в порошок в железной ступке, причем порошок имеет сине-черный цвет, а не серовато-светлый, как у большинства металлов. Необычайные свойства порошка осмия состоят также в том, что на воздухе он, хотя и медленно, но уже при обычной температуре соединяется с кислородом, причем один атом осмия присоединяет четыре атома кислорода, т. е. осмий проявляет самую высокую валентность, равную восьми, образуя четырехокись осмия.

Оксид восьмивалентного осмия, несмотря на высокую температуру плавления самого осмия, плавится при 48°, а при 130° — кипит с образованием пара, сильно раздражающего слизистые оболочки. Пары четырехокси осмия особенно опасные для глаз, могут вызвать слепоту. Они имеют специфический запах. Некоторые исследователи сравнивают его с запахом гнилой редьки.

За своеобразный запах четырехокси элемент и получил свое название — «осмий» от греческого слова «осмэ», что значит «запах», «пахнущий». Интересна замечательная особенность четырехокси осмия — большая растворимость в органических жидкостях по сравнению с водой. В стакане воды растворяется всего только 14 г четырехокси осмия при комнатной температуре; в стакане четыреххлористого углерода при тех же условиях — более 700 г.

Хотя осмий был открыт в 1803 г., он до настоящего времени не получил достаточно широкого применения. Одно время его использовали для изготовления нитей в электролампах, в медицинской практике, при подготовке микроскопических препаратов, для микроскопических исследований в тканях жировых включений.

Жировые включения, реагируя с водным раствором четырехоксида осмия, приобретают хорошо видимую черную окраску.



ХРАНИТЕЛЬ ПАРИЖСКОГО МЕРИДИАНА

77. Иридий — Iridium (Ir)

Иридий почти такой же тяжеловес, как и осмий. Удельный вес иридия — 22,5, а температура плавления — 2450°. Ряд химических свойств сближает иридий с рутением, палладием, осмием и особенно родием. Есть, однако, и некоторые особенности, одна из них сыграла роль в выборе названия элемента при его открытии: соединения иридия имеют яркие и пестрые окраски. За эти окрашенные соединения и получил свое название открытый в 1803 г. английским химиком Теннантом новый элемент иридий («ирис», — означает «радуга», «радужный»).

В современной технике, научно-исследовательских и других научных лабораториях очень важное значение приобрели измерения высоких температур. Существуют различные приборы и методы измерения температуры. Об одном из таких приборов, который связан с применением иридия, нам и хочется рассказать.

Если две проволочки из разных металлов спаять на водородном пламени и нагреть место спая, то в цепи появится электрический ток. Подобная система из разнородных проводников называется термопарой (от греческого «терме» — теплота и «пара» — вместе, рядом). При данной паре металлов, из которых сделаны проволочки, электродвижущая сила будет тем больше, чем выше температура спая. Подобрав вещества с известной температурой плавления, можно составить систему зависимости между измеряемой температурой и возникающей электродвижущей силой. В сочетании с гальванометром, включенным в цепь, термопара называется термоэлектрическим пирометром (греческое «пиро» — огонь, «метра» — мерю). Понятно, что термопарой из меди и железа нельзя измерять температуры выше точки плавления наиболее легкоплавкого металла, которым в данном случае является медь. А какую же термопару взять, если температура измеряемого объекта больше температуры плавления меди? Чаще всего применяют платину — (точнее сплав платины с родием), сплавы иридия с рутением, а также с родием. Возникает вопрос: а почему не взять просто платину и, например, родий. Почему берут вторую проволочку не из чистого металла, а из сплавов? В рассказе о платине мы сообщим о некоторых ее свойствах, а сейчас, забегая вперед, отметим, что платина-металл сравнительно мягкий и пластичный. У иридия характеристика противоположная — он чрезвычайно твердый, но хрупкий. Сплав иридия с платиной обладает средними свойствами: достаточно твердый и нехрупкий; тонкая проволочка из сплава не ломается. Примесь иридия к платине очень сильно увеличивает химическую стойкость ее и, что особенно важно, уменьшая тепловое расширение, сообщает сплаву довольно высокую температуру плавления. Это позволяет применять подобного рода термопары для измерения таких температур, при которых другие приборы менее надежны. С помощью иридия можно точно измерять не только высокие температуры, но и различные расстояния — от самых малых, микроскопических до самых больших, астрономических.

С помощью иридия устанавливается тождество между принятыми международными мерами длины. В самом деле, линейка, изготовленная во Владивостоке, должна иметь деления такой же длины, как и ее двойник в Риге,

Одессе или в любом другом пункте, иначе будет много неприятностей: скажем, изготовят деталь для машины, пользуясь одной линейкой, отправят в другой город и окажется, что у детали не такие размеры, как показывает вторая линейка, с помощью которой были даны размеры для изготовления детали. Согласитесь: были бы крупные неприятности! Значит, деления на линейках должны иметь строго одинаковую величину, должны быть изготовлены по одному образцу. Такой единый образец должен существовать не для одного города или государства, а для всех государств и городов нашей планеты. Такой образец есть! Это так называемый эталон метра, хранящийся в Париже. Длина эталона составляет точно одну сорок миллионную часть длины парижского меридиана — линейная единица, введенная во Франции 31 июля 1793 г. Первичный эталон был изготовлен в 1799 г. в пророческой надписью: «Для всех времен, для всех народов». Метр, действительно, стал распространеннейшей на земном шаре мерой длины. Каждое государство по эталону метра готовит свои эталоны и время от времени сверяет их с парижским эталоном.

У нас в стране есть главная палата мер и весов. В начале XX в. этим учреждением руководил Д. И. Менделеев, сыгравший большую роль в деле распространения и упрочения метрической системы. В России метр был «допущен» к применению в обязательном порядке в 1899 г. Декретом СНК РСФСР от 14 сентября 1918 г. метр был введен как обязательная единица измерения.

Государственным эталоном единицы измерения длины в СССР узаконен метр, носящий знак «28» (28-й из 30 точных прототипов международного эталона). Он хранится со всевозможными предосторожностями во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева.

Главный эталон метра в Париже сделан из драгоценного сплава платины с иридием и представляет стержень, на котором нанесены две метки, отмеряющие одну десяти миллионную часть от четверти парижского меридиана. Современные прототипы эталона изготавливают из сплава, называемого инваром, о котором мы уже упоминали в рассказе о кобальте.

Парижский «царь всех метров и линейек» содержит 10 процентов иридия и 90 процентов платины. Его размер почти не изменяется от колебаний температуры, к тому же

в помещении, где он хранится, температура заметно не изменяется на протяжении десятков лет.

Острия опор для стрелок контрольных компасов, некоторые ответственные инструменты также иногда делают из сплава иридия с платиной. Сплавы иридия с осмием, отличающиеся большой твердостью и нестираемостью при трении, употребляются для выделки осей точнейших часовых механизмов и приборов. Иридий ценен только в чистом виде или в сплавах с другими металлами. Соли его, как ни красивы их растворы в воде и других жидкостях, практического значения почти не имеют.

Следует отметить, что минералы, содержащие наибольшие количества иридия, были открыты на Урале и по местам их первого местонахождения носят соответствующие названия: сысерскит — от Сысертского завода, невьянскит — от Невьянска.

МЕТАЛЛ ХИМИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

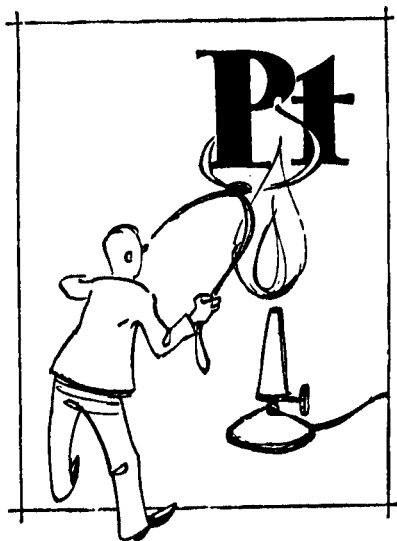
78. Платина — Platinum (Pt)

Как ни печально, но половина добываемой платины — металла с изумительными свойствами, в котором испытывают постоянную нужду лаборатории и заводы, расходуется на предметы роскоши¹. Последним «криком моды» в Америке стали очки в массивной платиновой оправе. Миллионерши, от безделья сходящие с ума, заказывают ювелирам платиновые цепочки для любимых собачек и клетки для «ученых» попугаев, а дряхлые нефтяные, мясные и всякие другие «короли» вставляют платиновые зубы. Если к этому добавить, что мировая добыча платины не превышает двадцати тонн в год, а для добычи одного грамма платины необходимо переработать железнодорожный вагон руды², затратить много материалов и средств, станет понятной вся расточительная нелепость этих «криков моды».

¹ С 1828 г. по 1846 г. в России выпускались платиновые монеты достоинством в 3,6 и 12 рублей. Было выпущено 1400 тыс. монет общим весом 20 т.

² Весьма редко платина встречается в виде самородков. Крупнейший из них весит 9,6 килограмма.

Бедность платиновых руд, отсутствие крупных месторождений и отсюда очень высокая стоимость металла, в значительной степени ограничивают практическое применение платины.



По внешнему виду платина не представляет собой чего-либо выдающегося или бросающегося в глаза. Белый с серым матовым отливом, тягучий (приближается к золоту) со значительным удельным весом (21,5) и высокой температурой плавления (1774°) металл. Исключительная химическая стойкость платины при самых высоких температурах позволяет назвать ее металлом химической лаборатории. Несмотря на то, что платина была известна еще в первой половине восемнадцатого столетия (описана Р. Ватсоном в 1750 г.), а смутные упоминания о ней относятся к шестнадцатому столетию, практическое применение в технике платина впервые нашла лишь в 1809 г. при изготовлении реторт для хранения концентрированной серной кислоты. Первые месторождения самородной платины были обнаружены в Америке, где в XVII столетии испанские завоеватели во главе с Ф. Кортесом, разорив государство ацтеков, нашли на берегах реки Платинодел-Пино (в Колумбии) новый металл. Название металла — «платина» произошло от испанского слова «плата» — серебро и означает «серебрецо». В самородном виде платина, помимо Америки (Бразилия, Колумбия), находится в Южно-Африканском Союзе. У нас на Урале коренные месторождения платины были обнаружены в 1892 г. А. А. Иностранцевым. Россыпные месторождения были найдены раньше, в 1819 г., но знаменитый Александр Гумбольдт, посетивший в 1829 г. месторождения платины, по поводу ее использования в своем отчете не написал ни одного слова.

Некоторое время платина считалась «никчемным» металлом. В Испанию завоеватели Южной Америки завезли очень много платины, и она продавалась дешевле серебра. Однако испанские ювелиры, обнаружив, что сплавы платины с золотом имеют большой удельный вес, решили использовать ее для изготовления, с точки зрения того времени, фальшивой золотой монеты. Узнав об этом, испанское правительство издало приказ об уничтожении всех запасов платины, и большое количество металла утопили в море.

Свойства платины впервые были описаны профессором Харьковского университета Ф. Гизе. Подробное изучение платины и способов ее получения из природной «сырой платины» было проведено русским химиком, вице-президентом Горной коллегии в Петербурге, почетным членом русской и многих иностранных Академий наук Мусиным-Пушкиным. Следует отметить, что русским ученым принадлежит ведущая роль в изучении платины и других, сопутствующих ей металлов.

Высокая химическая стойкость платины обеспечила ей широкое применение для изготовления химической посуды (тигли, чашки, наконечники щипцов, насадки на горелки, электроды для анализа) и аппаратуры для химической промышленности.

Известны платиновые зеркала, их получают путем нанесения тончайшего слоя платины на стеклянную поверхность. Платиновые зеркала устойчивы, не тускнеют, дают чистое изображение, а главное обладают замечательной особенностью — односторонней прозрачностью. Сущность явления состоит в том, что со стороны источника света зеркало непрозрачно и отражает находящиеся перед ним предметы, в то время, как с теневой стороны оно прозрачно и через зеркало можно все видеть так же хорошо, как через чистое стекло. Благодаря этой особенности платиновые зеркала получили в одно время широкое распространение в США. Их вставляли вместо стекол в окна нижних этажей контор, машинописных бюро и других учреждений, а также и жилых помещений вместо занавесей и экранов.

Есть у платины и еще одно ценное свойство: она хорошо вплаивается в стекло, что важно при изготовлении стеклянных приборов.

Большая роль отводится платине также при изготовлении приборов для измерения температур. Об одном таком приборе — термопаре с гальванометром уже упоминалось раньше (см. иридий), но есть еще так называемые термометры сопротивления. Принцип действия таких термометров основан на способности платины изменять (увеличивать) электрическое сопротивление в строгой зависимости от повышения температуры. Если платиновую проволочку подключить к прибору, регистрирующему изменение сопротивления, то изменение температуры будет точно фиксироваться этим прибором. Шкалу прибора градуируют в градусах.

Платина — любимый металл ювелиров. В ювелирном искусстве платина играет роль отделочного материала по золоту.

Из платины сделано рельефное погрудное изображение В. И. Ленина, помещенное в середине знака ордена Ленина — высшего ордена СССР. Первым орденом Ленина была награждена газета «Комсомольская правда».

Рыхлая, губчатая платина поглощает большое количество газов. Этим замечательным свойством объясняется удивительный факт: газ, заключенный в платиновый сосуд, при нагревании вытекает из герметически закрытого сосуда. Подобно тому, как вода проходит через частое сито, молекулы газа водорода или кислорода проходят через платиновые перегородки.

Мы перечислили многие интересные и ценные свойства платины, не касаясь самого важного: платина — один из самых активных катализаторов для различных химических процессов. Одним из важнейших каталитических процессов является окисление аммиака с целью получения азотной кислоты. Тончайшая сетка (до 5000 отверстий на квадратный сантиметр), сплетенная из платиновых проволочек, подобная тонкой ткани и столь же мягкая, как легкий шелк, составляет главную и ответственнойшую часть аппарата для окисления аммиака. Смесь аммиака с воздухом с быстротой урагана проносится (продувается) через эту сетку, превращаясь в окислы азота и водяные пары. При растворении окислов азота в воде образуется азотная кислота.

Пионер отечественной азотнокислотной промышленности, Иван Иванович Андреев, проведя большую научно-исследовательскую работу по изучению влияния различ-

ных катализаторов на окисление аммиака, обратил свое внимание на платину, введя ее в практику заводского получения азотной кислоты.

Шла первая мировая война. На полях сражений рвались снаряды, бомбы и мины, а в глубоких тылах лихорадочно работали заводы по производству металлов, боеприпасов, взрывчатых веществ. Для производства взрывчатых веществ требовалось все больше и больше азотной кислоты. Более 2 килограммов кислоты на каждый килограмм взрывчатки. К концу 1916 г. месячная потребность во взрывчатых веществах для русской армии составляла 6400 тонн. Все участвовавшие в войне государства, испытывали острую нужду в сырье для получения азотной кислоты. Оно имелось только в Южной Америке (Чили), и во всех странах шли лихорадочные поиски сырья для изготовления азотной кислоты. Одним из них является аммиак, содержащийся в отходах коксового производства. Чтобы превратить аммиак в азотную кислоту, его нужно окислить. Зная, что аммиак окисляется в присутствии платины, И. И. Андреев проектирует завод, который вскоре был построен в Донбассе и вступил в строй в июле 1917 г. О работах Андреева узнали иностранцы и немедленно повели на него «наступление» с двух сторон: в печати всячески поносили изобретателя, а неофициально предлагали ему крупные суммы денег за передачу сведений. Патриот И. И. Андреев отверг эти гнусные предложения.

Различные химические соединения, в состав которых входит платина, значительного применения пока не имеют. (Некоторые используются в аналитической химии для количественного определения калия). Однако исследования этих соединений внесли большой вклад в теорию химии. Соединения платины наиболее полно изучены русскими учеными Л. А. Чугаевым, И. И. Черняевым, О. Е. Звягинцевым.

Существующее представление о том, что платина не взаимодействует с кислородом воздуха, как показали исследования, не соответствует действительности. Так при комнатной температуре на платине образуется тончайшая пленка (около 30Å^1), которая улетучивается при небольшом нагревании в вакууме.

¹ Å-ангстрем = 10^{-8} см.

ЦАРЬ МЕТАЛЛОВ

79. Золото — Aurum (Au)

Пятьдесят тысяч тонн этого металла добыто за всю историю человечества. В среднем 10 тонн на каждый год написанной истории. Не так уж много! Но какими путями и способами добывалось золото? Во имя обладания золотом велись войны, поработались государства, сын убивал отца, братья уничтожали сестер, дети — своих матерей. Гибли целые народы, превращались в пустыни плодородные края, потоками лилась кровь и целыми реками — слезы и пот. Сколько людей погибло за золото и сколько гибнет! В куплетах Мефистофеля бессмертного Гёте звучит правда о золоте: «Люди гибнут за металл».

Из пятидесяти тысяч тонн золота больше половины лежит в бетонированных подземельях, охраняется пулеметами, автоматической сигнализацией. Над фортом Нокс, где хранятся основные золотые запасы США, даже патрулируют самолеты.

Пятьдесят тысяч тонн! Много ли это? Нет! В сравнении с количеством золота, заключенным в земной коре (100 миллиардов тонн), это ничтожно мало. Золото есть и в морской воде. По данным анализов первой четверти XX в., химики рассчитали, что в одном кубическом километре воды океана находится 5,5—5,7 тонны золота. Если учесть, что пространство, занимаемое океанами на Земле, составляет 370 миллионов квадратных километров, а средняя глубина Мирового Океана равна 3,8 км, то нетрудно подсчитать объем океанской воды и общее количество золота, содержащегося в ней. Ученые высчитали, что золота в морях и океанах должно находиться более 8 миллиардов (!) тонн. Для перевозки такого количества золота потребовалось бы около пятисот миллионов вагонов. Из такого количества золота можно было бы сложить гору объемов более 400 миллионов кубических метров. Из такого «строительного материала» можно было бы сложить 200 пирамид Хеопса, которая имеет высоту 150 метров и площадь основания в 40000 кв. метров. При равномерном распределении золота, содержащегося в морской воде, среди населения земного шара, каждый гражданин нашей планеты получил бы по...4 тонны золота. Занятым выглядит, пока фантастическое, предложение «заманить» все

золото из океанов в Азовское море, разведя растения, способные усваивать золото из морской воды.

Немецкий химик Фриц Габер получил известность за разработку метода синтеза аммиака из водорода и атмосферного азота. Впоследствии он стяжал себе печальную славу основоположника химической войны, движимый идеей освобождения Германии от контрибуций, наложенных победителями после войны 1914—18 гг., предложил новую идею. Известный химик решил обогатить Германию золотом, добытым из ... морской воды.

В глубочайшей тайне в Далеме в 1920 г. при субсидии банка и Франкфуртской пробирной палаты был создан комитет по отысканию способа извлечения золота из морской воды. Чтобы озолотить Германию, Габер разработал точнейшие методы анализа, позволявшие определить количества золота, не превышавшие 0,0000000001 грамма в литре воды, и способы повышения содержания золота в воде, с помощью которых концентрация этого металла увеличивалась в 10000 раз в сравнении с исходной. Но... выяснился роковой факт. Многочисленные и тщательно проведенные анализы указывали на значительно меньшее содержание золота в морской воде, чем это считалось раньше. Фактически его оказалось в 1000 раз меньше, чем допускалось при начале разработки золотой проблемы. Так в результате восьми лет напряженного труда было установлено, что об использовании моря для промышленного получения золота не может быть и речи.

Средневековая схоластика, усвоившая из алхимических учений представление о том, что все тела природы состоят из небольшого числа основных «принципов» или сущностей, родила мысль о возможности искусственного превращения меди, олова, свинца и других «неблагородных» металлов в золото. Тогда думали, что путем добавления или вообще изменения соотношений этих «принципов» в данном веществе можно получить из него новое, в том числе и золото. Надо только было найти средство, с помощью которого можно было бы осуществлять такие превращения. Это средство впоследствии стали называть «философским камнем». Отыскание или приготовление «философского камня» стало основной мыслью средневековой алхимии. Вера в возможность превращения металлов в золото с помощью «философского камня» была столь сильна, что на протяжении двенадцати столетий почти

никто не высказывал сомнений в несостоятельности алхимических воззрений.

Неудивительно, что находилось много желающих заниматься поисками «философского камня». А так как поиски успехов не приносили, хотя на них и тратилась вся жизнь, то фанатическое упорство искателей «философского камня», в свою очередь, рождало у окружающих веру в его существование. «Философский камень», кроме алхимиков, искали

римские папы, монахи, короли, принцы, нищие и бродяги. Алхимики посвятили «философскому камню» многочисленные произведения, в которых, хотя и не зная его сущности, описали способы его изготовления. Естественно, находились шарлатаны, которые, используя легковерие своих современников, выдавали себя с целью получения почестей и богатства если не за обладателей «философского камня», то за владельцев тайн его приготовления. Находя при дворах разорявшихся феодалов, охотно веривших в возможность пополнения пустующей казны с помощью «философского камня», эти шарлатаны быстро опустошали казну своего покровителя под видом расходов на мнимое изготовление камня. Ясно, что разочарованные и обманутые в своих надеждах покровители не церемонились с обманщиками, если те не успевали уйти от ответственности. Вера в возможность отыскания «философского камня» и приготовления с его помощью золота давала повод к подозрительности и нелепым обвинениям в несовершенных преступлениях. Так, например, маршал Франции, носивший титул графа де Ресеньяра де Лавалья, барона де Ретца, больше известного под именем «Синей бороды», был обвинен в убийстве 800 девушек, из крови которых якобы он и его друг алхимик Франсула Прелатти изготовляли золото. 30 июля 1440 г.



епископ Нанский Жан де Молеструа потребовал передачи барона де Ретца в руки инквизиции. 20 октября 1440 г. барон де Ретц и Прелатти были сожжены на костре. Прошло 485 лет, и в 1925 г. доктор Веншон под развалинами замка Машкуль, где жил барон де Ретц, нашел золотоносную жилу. Стало понятным, откуда де Ретц доставал золото: его получал из кварцевой жилы алхимик Прелатти, и спустя 500 лет имя Ретца — «Синей бороды» было реабилитировано.

Известное человеку со времен глубочайшей древности, золото уже на средней ступени варварства употреблялось для украшений и накапливалось в качестве драгоценности. Первые письменные известия о золоте дают египетские надписи. Древнейшие из них, относящиеся ко временам фараона Тутмосиса III, жившего более трех с половиной тысяч лет назад, свидетельствуют о том, что египтянам золото было известно не менее 5500 лет назад. Археологические раскопки на Кавказе, в Крыму, в Западной Европе обогатили крупнейшие музеи мира большим количеством разнообразных золотых изделий. Среди них и украшения, и пиршественные сосуды, и монеты. Каменные ножи, относящиеся к еще более раннему периоду истории, иногда имели отделку из золота.

Свыше тысячи золотых предметов было недавно извлечено из скифского кургана у станицы Елизаветинской, Ростовской области, Астраханской археологической экспедицией Института археологии Академии наук СССР. В числе находок — золотой футляр для стрел и лука; второй футляр из дерева, инкрустированный листовым золотом с изображениями сцен из жизни Ахиллеса; ножны для меча, облицованные золотом с изображениями эпизодов битвы греков со скифами; браслеты, перстни, ожерелья, бляхи и другие украшения. Химический анализ золотых изделий указал, что они изготовлены из электрума — сплава золота (50%) с серебром, ценившегося в древности дороже чистого золота (в Египте и Риме). Правители Египта особенно ценили «белое золото» — самородный сплав золота с серебром и платиной, и принуждали нубийских вождей добывать это «белое золото».

Золотыми листами покрыты крыши некоторых древних храмов в Бирме, дворца Потала в Лхассе (Тибет).

Золото, а также серебро служило символами Солнца и Луны не только в представлениях астрологов и алхими-

ков, но даже у некоторых народов. Так, например, вождь ацтеков (коренные жители Мексики), желая смягчить жестокость испанского конкистадора (завоевателя) Эрнана Кортеса (завоевавшего Мексику в 1519—1521 гг.), послал ему в дар два символических диска, каждый размером с колесо телеги, причем один из них сделан из золота, другой — из серебра. Диски символизировали Солнце и Луну.

В литературе средневековья описывались легионы про золотые горы и таинственные озера, дно которых выложено золотым песком. Джек Лондон, блестяще изобразивший «золотую лихорадку» на Клондайке, посвятил немало страниц рассказам золотоискателей о редких, но огромных самородках. Золото, действительно, встречается не только в россыпях или вкрапленным в твердые горные породы, но и в кристаллическом самородном состоянии. Самый большой самородок весил 112 килограммов. Объем такого самородка около 0,006 куб. метра. Один из крупнейших русских самородков, «родом» с Урала (бывшая Царево-Александровская россыпь) весил 32,5 кг.

Мудрая народная поговорка гласит: «Не все то золото, что блестит». Действительно, есть сплавы, которые по внешнему виду очень похожи на золото. Но блеск подобный тому, какой имеет золото — не доказательство.

Стремление к обогащению уже на ранних ступенях знакомства человека с золотом вело к отысканию способов его подделки, в которых внешнему виду под золото уделялось главное внимание. И уже древние мастера Египта достигли в этом «деле» больших успехов. Искусство подделки золота процветало и у греков. Грекам же принадлежит остроумный способ определения подделки. Первое описание такого определения связано с именем Архимеда. Архимеду приказали определить, сколько золота в короне сиракузского царя. Царские казначеи опасались, что ювелиры присвоили часть золота, выданного на изготовление короны. Архимед поступил так: он взвесил корону, а затем погрузил ее в воду и измерил объем вытесненной воды. Золото в 19,3 раза тяжелее воды. Значит, вес вытесненной короной воды должен быть в 19,3 раза меньше веса короны. Если от деления веса короны на вес вытесненной воды получится цифра 19,3, то корона золотая, если меньше, то она содержит примеси, является подделкой. Корона оказалась сделанной не из чистого золота.

В чистом виде золото — светло-желтый, блестящий, мягкий и пластичный металл. Из кусочка золота, весом в один грамм, можно вытянуть проволоку длиной в три километра или приготовить золотую фольгу (0,0001 мм) в 500 раз тоньше человеческого волоса. Через такой листочек луч света просвечивает зеленоватым цветом. Мягкость золота очень велика, его можно царапать ногтем. Поэтому в изделиях золото всегда сплавляется с медью. Состав таких сплавов выражается пробой, которая указывает число весовых частей драгоценного металла в 1000 частей сплава. В СССР есть изделия и старой пробы, когда количество драгоценного металла выражалось числом золотников на фунт (96 золотников) сплава. В этом выражении золотые изделия изготовлялись обычно 56-й пробы.

Современные предприятия по добыче золота — это целые заводы со сложнейшими машинами, огромными дробилками, шагающими экскаваторами. Эти сооружения создаются для химического извлечения золота из руды. Перерабатывают целые горы материалов, дробят скалы, перекачивают реки воды, чтобы продукцию в виде маленьких слитков отправить... в подвалы, где хранится «презренный металл». Ежегодно в странах капитала его добывают 700—750 тонн. «Золотой потолок» — 1281,8 тонны был поставлен в 1940 г. Пока существует капитализм, основой денежной системы большинства стран будет являться золото.

Будь золото более доступным, оно нашло бы широкое применение. Хорошая электропроводность, огромная химическая стойкость — качества более ценные, чем сомнительная «красивость» золотых колец. Золотая или золоченая химическая аппаратура, не боящаяся почти никаких разрушителей (золото растворяется только в «царской водке» и селеновой кислоте), нашла бы широкое применение в химии, технике, промышленности. А золотые ограды великих памятников старины разве не были бы красивы? Известный советский изобретатель Пресняков предлагает использовать золото в качестве ионосферного топлива. Такие идеи найдут свое воплощение при коммунизме.

В последнее время нашли широкое применение радиоактивные изотопы золота. Известно 14 радиоактивных изотопов золота с массовыми числами от 190 до 203 (включительно). Все они могут быть получены путем бомбар-

дировки природного золота нейтронами, протонами, дейтронами, альфа-, гамма-лучами. Самородное золото представляет собой устойчивый изотоп 197. Но изотопы золота могут быть получены также из других элементов: иридия, платины, ртути, таллия. Бомбардировка нейтронами производится в ядерном реакторе. Другие ядерные реакции для получения золота осуществляются на ускорителях. Наибольшее практическое применение находят радиоактивные изотопы золота с массовыми числами 198 и 199. Изотоп золота 198 имеет период полураспада 2,7 дня, изотоп-199—3,3 дня. Оба изотопа испускают бета- и гамма-лучи.

Радиоактивные изотопы золота в виде металлических предметов (игл, нитей и т. д.), а также в распыленном состоянии (коллоидном) применяются в медицинской практике для лечения злокачественных опухолей, некоторых болезней крови, бронхиальной астмы и др. Так как бета-частицы, испускаемые радиоактивными изотопами золота, проникают в ткань на небольшую глубину (0,38 мм), действие их практически имеет ограниченный, местный характер. При введении радиоактивного золота в опухоль доза облучения достаточна только для разрушения раковых клеток. Здоровые ткани почти не повреждаются.

Химия, давшая в руки исследователей точнейшие методы определения золота, которые позволяют обнаружить миллиардные доли процента этого элемента в любом веществе, до сих пор еще не располагает дешевыми методами извлечения золота из земной коры. Поэтому золото по-прежнему продолжает лежать в кладовых и сейфах банков. Техническое применение золота весьма ограничено, хотя платина, число атомов которой в земной коре такое же, как и у золота, «обслуживает» целые отрасли промышленности. В ряде производств, например, при очистке меди, золото получают в качестве почти «бесплатного приложения». Но этого тоже недостаточно для того, чтобы сделать золото металлом, доступным в технике. Золото продолжает быть дорогим металлом, употребляется, как и много веков назад, для поделки различных предметов роскоши, золочения других металлов, изготовления искусственных зубов и т. д. До открытия эффективных антибиотиков некоторые соединения золота употреблялись для лечения туберкулеза.

Высшая награда СССР—орден Ленина—сделан из сплава золота. Установленный Президиумом Верховного Совета СССР знак отличия Героев Советского Союза — медаль «Золотая звезда», а равно и медаль «Серп и молот», утвержденная Президиумом Верховного Совета СССР для отличия Героев Социалистического Труда, сделаны из такого же золотого сплава.

Не только о самом золоте написаны целые книги, но и о его названии. Расшифровать происхождение и пути распространения его названий, пожалуй, гораздо сложнее, чем написать историю самого золота. До сих пор нет единого мнения о происхождении слова «золото». Корни этого названия прожили тысячелетия, и в то время как у славянских, германских, финских и других европейских народов в корнях этих слов встречаются буквы з, о, л, г, у народов Востока в корнях слова чаще всего встречаются буквы а, у, р. Очевидно, от этих последних букв и произошло принятое в науке латинское название золота — аурум, от «аврора» — утренняя заря. Однако в сочетании букв з, о, л некоторые исследователи видят намек на цвет металла и связывают происхождение его названия со словом «желтый». Другие ищут ответа у алхимиков, заимствовавших для золота знак древних астрономов и астрологов. Обилие суждений по одному вопросу всегда означает отсутствие единого, правильного ответа.

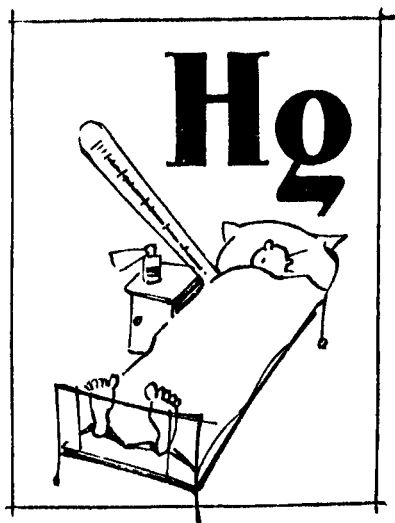
СЕРЕБРЯНАЯ ВОДА

80. Ртуть — Hydargyrum (Hg)

Каждому, кто хоть раз держал в руках термометр — «градусник», знакома ртуть. По своим химическим свойствам — это настоящий металл, но в отличие от других металлов, жидкий при комнатной температуре. Применение ртути в термометрах основано на том, что при нагревании она, как и все другие вещества, расширяется. С помощью ртутного термометра можно измерять и низкие температуры. Но... не всегда.

При сильном морозе она «замерзает», то есть становится твердой. Впервые ртуть была заморожена 24 декабря 1759 г. М. В. Ломоносовым. Температура замер-

зания, а правильное плавления ртути — минус 38,8 градуса. Такие морозы не являются редкостью для жителей Сибири. Поэтому там невозможно в «трескучие» морозы измерять температуру ртутными термометрами. В твердом состоянии ртуть — серебристо-синеватый, довольно мягкий, похожий на свинец, металл. При чтении лекций о ртути большой эффект производит изготовление ртутного молотка. Налитую в формочку ртуть быстро охлажда-



дают жидким воздухом или смесью твердой углекислоты с эфиром. Забивание гвоздя в доску ртутным молотком всегда вызывает шумную реакцию у студентов.

Ртуть известна человеку с глубокой древности. За 350 лет до нашей эры Аристотель описал ртуть в своих произведениях. Свое научное название — «гидраргиум» ртуть получила от греческого слова, данного ей Диоскоридом. В буквальном переводе оно означает — серебряная вода (по-гречески «хюдор» — вода, «аргюрос» — серебро). У алхимиков, в их безнадежных поисках способа превращения неблагородных металлов в золото, ртуть часто употреблялась и называлась меркурием. Это название ртуть получила за способность ее отдельных капелек быстро «бегать» по гладкой поверхности, так быстро и с такой легкостью, с какой передвигался, по представлению древних римлян, Меркурий — покровитель ремесел и торговли.

Ртуть — очень тяжелая жидкость: литр ртути весит тринадцать с лишним килограммов. Большой вес и подвижность ртути в свое время находили очень своеобразное применение в медицине. При завороте кишок больному вливали ртуть (200—250 граммов) в желудок, полагая, что она расправит свою тяжестью перекутившиеся

части кишок. Трудно себе представить эту «операцию» сейчас, а еще труднее представить дальнейшую судьбу больного.

Ртуть, как и всякая другая жидкость, испаряется. Ее пары ядовиты и действуют на человеческий организм губительно. Поэтому трудовым законодательством СССР некоторые производства, связанные с применением ртути и ее соединений, вообще запрещены (например, производство ртутных красок). Однако в целом ряде производств без применения ртути обойтись нельзя. Такие производства по закону имеют особые условия труда и весьма продуманные меры предохранения здоровья рабочих от вредного воздействия ртути.

Ртуть обладает замечательной способностью растворять многие металлы. Такие растворы называются амальгамами (от греческого «мальгама» — мягкое тело). Амальгамы нашли широкое техническое применение и в некоторых случаях явились причиной занимательных курьезов. Вот один из них. В прошлом веке один из исследователей пытался превратить ртуть в золото с помощью мощных электрических разрядов, пропускаемых через пары ртути. После многочисленных опытов, стоивших денег, времени и труда, ему удалось обнаружить присутствие золота в ртути. Однако при тщательном изучении оказалось, что золото попало в ртуть с... золотой оправы очков самого исследователя. Руками, на которых были следы ртути, он брался за очки и переносил золото в виде амальгамы в исследуемую ртуть.

Ртуть находит широкое применение в разнообразной технической и научной аппаратуре и приборах: барометрах, манометрах, термометрах, насосах для создания вакуума, ртутных ваннах для получения щелочи, ртутных лампах («горное солнце»), ртутных выпрямителях и т. д.

В 1937 г. был проведен опыт освещения ртутными лампами улицы Горького в Москве. Хотя ртутные лампы и являются весьма экономичными, от них, к сожалению, пришлось отказаться: лампы давали мертвенно-блеклый свет, от которого лица людей приобретали неприятный землистый оттенок. Для устранения этого недостатка ртутные лампы делают с люминофорами. Люминофоры превращают ультрафиолетовое излучение ртути в желтый и красный цвет. Ртуть используется в **медицинской**

практике при лечении ряда кожных болезней (ртутные мази), как дезинфицирующее и обеззараживающее средство (растворы солей), в зубной практике при изготовлении металлических пломб для коренных зубов. Всех областей применения ртути в кратком рассказе не перечесть!

В природе ртути не так уж много, но она встречается в некоторых местах в сравнительно больших количествах, а не распылена по всему земному шару. Одно из старейших месторождений ртути в СССР находится в Донбассе возле Артемовска. При разработке этого месторождения на глубине 20 метров были обнаружены древние выработки, а в них орудия труда — каменные молотки. Еще более древним является рудник Хайдаркан «Великий рудник» в Ферганской долине.

Ртуть встречается в самородном состоянии в виде мельчайших капелек или чаще в виде минерала киновари. Это — красная руда, состоящая из соединения ртути с серой, — сернистая ртуть. Если руду нагревать на воздухе, то сера сгорит, а пары ртути улетучатся. При обжиге в закрытых сосудах ртуть улавливают и сгущают.

В мире известно несколько крупных месторождений ртути: Амальден в Испании, Монте-Амьята в Италии, Нью Амальден на границе Калифорнии и Мексики. До недавнего времени 80% мировой добычи ртути приходилось на долю Испании.

«ЗЕЛЕНАЯ ВЕТВЬ»

81. Таллий — Thallium (Tl)

Знаменитый Крукс, которого остроумно высмеял Ф. Энгельс за его исследования спиритических явлений и увлечения глупыми занятиями «столоверчения» и «вызывания духов»¹ был большим специалистом по спектроскопии. Прекрасно понимая, что спектроскоп — мощный инструмент отыскания новых элементов, Крукс исследовал с его помощью огромное количество различных веществ. Части трупов животных, зола, различные сорта

¹ Ф. Э н г е л ь с. Диалектика природы, стр. 63, издание 1934 г.

табака, морская вода, крохотные насекомые и многие другие разнообразные объекты прошли через пламя спектроскопической горелки.

В 1861 г. объектом исследования Крукса стали отходы заводов по производству серной кислоты. Надеясь найти в пыли сернокислотных камер теллур, Крукс обнаружил новый элемент, дававший в спектре яркую зеленую линию. По цвету этой линии новый элемент получил свое название — таллий (от греческого «таллос», что значит «зеленая ветвь»). Вскоре он был выделен, и в свободном виде оказался металлом, соединения которого по свойствам имеют много сходного, с одной стороны, с соединениями натрия и калия, с другой — с соединениями серебра. Сам таллий оказался серебристо-белым, довольно устойчивым на воздухе, легкоплавким металлом, внешне похожим на свинец. Химики установили, что получение таллия не представляет особых трудностей.

Силы таллия со свинцом и оловом обладают высокой кислотоупорностью. Сплав, содержащий 10% таллия, 20% олова и 70% свинца, хорошо выдерживает действие смесей серной, соляной и азотной кислот. Светочувствительная способность некоторых солей таллия дает возможность использовать их в фотографии. Сернистый таллий применяется в фотоэлементах высокой чувствительности. Производство оптических стекол с высоким коэффициентом преломления достигается с помощью соединений таллия. Сернокислый таллий, обладающий сильной ядовитостью, используется для уничтожения грызунов.

Очень часто различные минералы встречаются вместе. Один из способов разделения основан на том, что измельченную смесь минералов помещают в жидкость с большим удельным весом. Тяжелые тонут, легкие — плавают на поверхности такой жидкости. Муравьиномалоновокислый таллий представляет одну из этих жидкостей (уд. вес 4,2).

Способность некоторых органических соединений таллия снижать потоотделение у туберкулезных больных явилась поводом введения таллия в медицину. Однако высокая ядовитость соединений таллия заставила отказаться от внутреннего употребления. В ноябре 1960 г. агентами французских колонизаторов в Женеве был отравлен руководитель национальной партии «Союз наро-

дов Камеруна» Феликс Мумие. Экспертиза установила, что его отравили соединениями таллия во время обеда.

В настоящее время соединения таллия вводят в состав мазей и пластырей для удаления волос при некоторых кожных заболеваниях.

Еще в 1940 г. мировое производство таллия составило менее 5 тонн. В 1958 г. таллия добывалось более 4000 тонн.

ЕЩЕ ОДИН ИЗ ДРЕВНИХ

82. Свинец — Plumbum (Pb)

Свинец — металл, который, подобно меди, сурьме и олову, известен с глубокой древности.

Как ни странно, но впервые широкое применение свинец нашел там, где ныне он совершенно не употребляется — при изготовлении водопроводных труб. Один из наиболее мягких металлов, хорошо прокатывающийся в листы, свинец уже в древности использовался для устройства водопроводных труб.

Трубы римского водопровода, выстроенного рабами, были свинцовыми. Очевидно, поэтому такой короткой и была средняя продолжительность жизни римлян. Дело в том, что все растворимые соединения свинца являются ядовитыми. На устойчивость свинца к воде оказывает большое влияние содержащийся в ней углекислый газ. При малых количествах он образует на поверхности свинца соединение, не растворимое в воде (углекислый свинец), и тем способствует устойчивости свинца. Если же содержание углекислого газа в воде сравнительно велико, а так именно было с водой, питавшей древний Рим, то углекислый газ, реагируя со свинцом, образует кислый углекислый свинец, который хорошо растворяется в воде. Поступая в организм в малых порциях, свинец задерживается в нем и, постепенно замещая кальций, входящий в состав костей, вызывая хроническое отравление.

В чистом виде свинец представляет синевато-серый, тяжелый (уд. вес 11,3), мягкий металл, способный под давлением (200 кг на 1 см²) выдавливаться (течь) сквозь тонкие отверстия. Известность свинца с глубокой древности сделала его материалом, нашедшим многочисленные

применения в различных областях человеческой деятельности. В средневековье большие количества свинца расходовались в Европе для покрытия крыш замков, дворцов и храмов. Между прочим, известная в Венеции тюрьма для «государственных преступников», соединенная «Мостом вздохов» с замечательным произведением раннего средневековья — дворцом Дожей, имела на чердаке камеры под свинцовой крышей. Зимой под этой крышей «преступники» стыли от холода, летом — изнывали от жары. С изобретением огнестрельного оружия большие количества свинца стали расходоваться на изготовление пуль для ружей и пистолетов, картечи для артиллерии.

В настоящее время можно перечислить очень много областей применения свинца: производство аккумуляторов, освинцовка внутренней поверхности химической аппаратуры, трубы для перекачки кислот, сточные трубы химических лабораторий, военная техника, производство электрических кабелей, свинцового стекла-хрусталя, глазури — все это требует много чистого свинца.

Книги, журналы, газеты изготавливаются руками людей, которым приходится работать с типографским металлом, содержащим свинец. Свинцовая пыль ядовита. Вот почему в нашей стране производства, где употребляются свинец или его соединения, являются объектом пристальных забот врачей-гигиенистов. Максимальное содержание свинца в воздухе на промышленных предприятиях не должно превышать 0,00001 мг на литр. Там, где человек имеет дело со свинцом, применяются специальные меры предосторожности и действует очень строгое законодательство по охране труда.

Металлический свинец — очень хорошая защита от всех видов радиоактивного излучения и рентгеновских лучей. Попробуйте взвесить фартук врача-рентгенолога или его перчатки, и вас поразит их тяжесть. В резину фартука и защитных рукавиц введен свинец, он задерживает рентгеновские лучи и предохраняет организм рентгенологов от их губительного действия.

Защищает от радиоактивного излучения и стекло, содержащее окислы свинца. Подобное свинцовое стекло позволяет наблюдать за обработкой радиоактивных материалов с помощью «механической руки» — манипулятора. Иллюминатор из свинцового стекла на атомном

центре в Бухаресте имеет толщину одного метра и весит более полутора тонн.

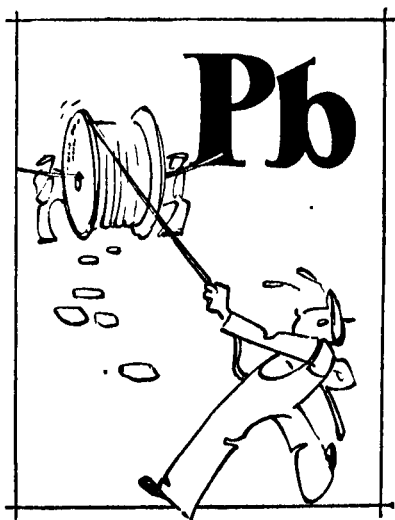
В химическом отношении свинец — металл сравнительно малоактивный, многие металлы способны вытеснять его из растворов. На этом основаны эффективные опыты. Давайте проведем один из них. Для этой цели из тонкой цинковой пластинки вырежьте фигурку кошки и опустите ее в раствор какой-нибудь свинцовой соли. Очень

скоро пластинка цинка покроется серыми иголочками. У «кошки» вырастет «шубка». Цинк переходит в раствор и, вытесняя свинец, выделяет его на поверхности пластинки. Серые иголочки — это кристаллы свинца.

В природе свинца сравнительно немного — 0,0001% от общего числа атомов земной коры. Однако содержащие свинец минералы — галенит (свинцовый блеск или сернистый свинец), церрусит (углекислый свинец), англезит (серноокислый свинец) и другие — встречаются во многих странах. У нас месторождения свинца встречаются на Урале, в Сибири и др. Свинец всегда находится в смеси с другими металлами.

Сравнительная легкость получения свинца из руд объясняется низкой температурой плавления свинца (всего 327°). Из важнейшей его руды — галенита свинец легко отделяется от серы. Достаточно галенит в смеси с углем обжечь на воздухе, чтобы выплавить чистый свинец.

Немаловажную роль играют и различные соединения свинца. Так, некоторые окислы свинца, а также его соли используются в качестве отличных красок для ускорения высыхания олифы. Растворимые соединения свинца применяются в медицине как вяжущие, болеутоляющие и



противовоспалительные средства. Свинцовая примочка известна многим. Иногда ее называют «свинцовым сахаром» за сладковатый вкус. Не следует забывать о большой ядовитости свинцового сахара.

Как часто мы встречаем надпись на автомашине «бензин этилированный». Почти все автомашины работают на таком бензине и заметно отравляют воздух городов... свинцом. Этиллированный бензин содержит тетраэтилсвинец (ТЭС), который уменьшает детонацию топлива в моторе, но в виде летучих соединений поступает из глушителей в воздух, которым мы дышим. Огромная армия исследователей интенсивно ищет пути замены ТЭС другим менее опасным, но эффективным веществом.

В рассказе о титане говорилось о том, что старые картины и иконы, написанные красками на основе свинцовых белил, со временем темнеют. Однако, если такое изображение протереть слабым раствором перекиси водорода, которая известна с 1818 года, то образовавшийся под воздействием сероводорода черный сульфид свинца перейдет в белое соединение — сульфат свинца. Картина просветлеет, обновится. Используя это явление, шарлатаны «обновляли» иконы, дурача верующих.

Для обновления сначала использовали концентрированный раствор уксуса, а в конце XIX — начале XX в. пользовались для этой цели уксусной эссенцией, прекрасно смывавшей черневший от времени слой олифы, которой всегда покрывалась живопись икон. Как видно никакого чуда в таком «обновлении» нет.

МЕТАЛЛ ЛЕГКОПЛАВКИХ СПЛАВОВ

83. Висмут — Bismuthum (Bi)

Сидящему в зале нового театра, работающему на складе легковоспламеняющихся материалов или на заводе взрывчатых веществ зачастую неизвестно, что его защищает от пожара сплав, содержащий висмут.

...Начали тлеть портьера или сиденье мягкого кресла, дыма можно и не заметить. Но потоки теплого воздуха устремились вверх под потолок. Там круглые сутки бодрствует незаметный «пожарник» — тонкая проволочка

из сплава висмута (14%), свинца, олова и ртути. Красновато-белый металл висмут имеет температуру плавления всего 271° , а указанный сплав лишь 45° . Как только воздух под потолком нагреется до этой температуры, проволока расплавится, сдерживаемая ею пружинка «сработает», замкнув контакт, и во всех служебных помещениях зазвонят резкие звонки, предупреждая об опасности. Если это происходит в складе с легко-



воспламеняемыми веществами, где нет людей, из труб, скрытых в стенах, тут же хлынут потоки воды. По сигналу тревоги из ворот пожарного депо вылетят стремительные пожарные автомобили.

В настоящее время существует большое количество легкоплавких сплавов на основе висмута. Изменяя пропорции металлов, составляющих висмутовый сплав, можно получить различные температуры плавления от 45 градусов и выше.

Если продукция завода не терпит перегрева, можно поставить висмутовый сигнализатор. Опасный перегрев какой-либо части машины или сооружения также легко может быть предупрежден с помощью такого сигнализатора.

Правда, в последнее время с висмутовыми сплавами стали успешно конкурировать полупроводниковые приборы и вещества, способные менять окраску при изменении температуры.

Соединения висмута со щелочными металлами обладают свойствами сверхпроводимости. Если у гелия это проявляется при температурах, близких к абсолютному нулю, то в указанных соединениях подобное свойство проявляется при высоких температурах. Сплав висмута с германием обладает настолько низкой температурой

плавания, что проблема термометров-автоматов получила совершенно новое и оригинальное решение.

Сплавы висмута легко приклеиваются к стеклу. Благодаря этому их удобно применять для изготовления зеркал и для припаивания металлов к стеклу. Каждому известно, что при плавлении объем металла увеличивается, а при затвердевании — уменьшается. Исключение составляет висмут. У него при плавлении объем заметно уменьшается. У большинства веществ температура плавления возрастает при значительном увеличении внешнего давления, у висмута — наоборот.

Соединения этого «противоречивого» металла известны человечеству давно. В Европе висмут стал известен со времен немецкого средневекового врача, алхимика и металлурга Агриколы, который указал, как отличать соединения висмута. Описания соединений висмута были даны алхимиком, псевдоним которого — Василий Валентин. В металлическом виде висмут был выделен в 1739 г. И. Поттом. Свое название висмут получил от древнегерманского слова «висмут», что значило «белый металл».

Висмута в природе очень мало — 0,000 002% от общего числа всех атомов земной коры. Неудивительно, что мировая добыча висмута составляет несколько сот тонн, из которых большая часть идет на изготовление «противопожарных» сплавов. Нерастворимые или труднорастворимые соединения висмута применяются в медицине как вяжущие, противовоспалительные средства.

Основной карбонат висмута — белый, тонкий, нерастворимый в воде порошок — употребляется в рентгено-скопии.

Органические соединения висмута — дерматол, ксероформ и некоторые другие — применяются в виде мазей как обеззараживающие и высушивающие средства для лечения ран, труднозаживающих язв и т. д.

Ядерная энергетика открыла перед висмутом, как и перед многими другими элементами, совершенно неожиданные перспективы. Висмут плохо захватывает тепловые нейтроны, или, выражаясь термином ядерной физики, обладает малым сечением захвата нейтронов. По этой причине его используют для охлаждения атомных реакторов. Жидкометаллический сплав висмута с ураном нашел применение в качестве реакторного «топлива».

Заканчивая рассказ о висмуте, напомним, что первая батарея термоэлементов была создана Эрстедом и Фурье из спаянных проволочек сурьмы и висмута.

В ЧЕСТЬ ПОЛЬШИ

84. Полоний — Polonium (Po)

Открытие этого элемента связано со знаменитыми работами супругов Марии Склодовской-Кюри и Пьера Кюри. Несколько подробнее на сущности их работ — этой героической эпопее, вошедшей в историю науки о веществе и его превращениях, мы остановимся в рассказе «Радий».

В июле 1898 г. Мария Кюри после двухлетнего непрерывного труда получила небольшое количество нового вещества, похожего на никель. Оказалось, что это вещество в 300 раз радиоактивнее урана. Подвергнув новое вещество различным испытаниям, Кюри убедилась, что открыла новый, еще неизвестный элемент. В честь своей родины она назвала его полонием (Полония — от латинского названия Польши).

Полоний относится к наименее распространенным в природе элементам. Содержание полония в земной коре не превышает такой доли процента, в которой первая значащая цифра находится на пятнадцатом месте после запятой. В свободном состоянии полоний был выделен электролизом растворимой соли. Температура его плавления 254° , удельный вес 9,4.

За 28 лет до открытия Кюри-Склодовской существование полония в природе было предсказано на основе периодического закона Д. И. Менделеевым.

Ныне промышленными «месторождениями» полония стали атомные реакторы, в которых путем нейтронного облучения висмута получают полоний в значительных количествах. Особый интерес представляет полоний как источник альфа-частиц. Изотоп полония с массовым числом 210 излучает только альфа-частицы, причем в четыре с лишним тысячи раз интенсивнее чем радий.

Известно, что альфа-частицы вызывают ионизацию воздуха, а ионизированный воздух обладает более высокой химической активностью. Известный советский изоб-

ретатель Пресняков предложил оригинальный вариант использования ионизирующей способности полония. Его проект состоит в том, что пластинку, покрытую полонием-210, необходимо помещать в воздухопроводе перед мартеновской или доменной печью. Ионизированный воздух будет способствовать полноте и интенсивности горения топлива. Полоний-210 хотя и является самым «бурным» из естественных радиоактивных веществ, но пластинка со слоем изотопа может работать как ионизатор много месяцев.

Буквально за несколько последних лет детально изучены химические свойства полония. Установлено, что он образует огромное количество комплексных соединений, является сильнейшим коллоидообразователем, прочно адсорбируясь на стенках химической посуды и фильтрах.

НЕУСТОЙЧИВЫЙ

85. Астатий — Astatinium (At)

Хлор образует с серебром нерастворимую соль — хлористое серебро. Астатий, обнаруженный только в 1940 г., также дает астатинистое серебро. Подобно хлористому, оно также нерастворимо в воде. По этому признаку можно считать астатий подобным галогенам. Первые исследования химических свойств астатия проводились с растворами, в которых концентрация элемента была очень мала и не превышала одного атома на 500 миллиардов молекул растворителя. Чтобы пересчитать такое количество молекул, отсчитывая каждую секунду по 5 штук, потребовалось бы более трех тысяч лет.

Астатий, действительно подобен йоду, но во многом, однако, совершенно не похож на него. Главное отличие астатия от йода — радиоактивность. Больше половины астатия, полученного утром, к вечеру исчезнет, период его полураспада всего 7,5 часа. Вот откуда произошло название астатия: «астатос» по-гречески значит «неустойчивый», «нестабильный».

У астатия много изотопов, но все они «астатосы» — неустойчивые, нестабильные. Один из них (астатий-211) обладает способностью, известной в радиохимии под

названием «разветвленного распада». Сущность явления состоит в том, что некоторые из атомов этого изотопа подвергаются одному типу распада, а другие — другому, причем в конечном результате этих распадов выделяются альфа-частицы. Подобно йоду, астатий возгоняется (сублимируется) при комнатной температуре, растворим в органических растворителях, концентрируется в щитовидной железе.

Как чистый металл астатий ведет себя удивительно: возгоняется в молекулярной форме из водных растворов. Такой способностью не обладает ни один из известных элементов.

Этот элемент был получен искусственно ученым Э. Сегре и его сотрудниками путем «бомбардировки» атомов висмута альфа-частицами, ускоренными на циклотроне.

Астатий под именем экайода был предсказан Д. И. Менделеевым.

ГАЗ-ТЯЖЕЛОВЕС

86. Радон — Radon (Rn)

Газ, о котором мы хотим коротко рассказать, обладает удивительными свойствами. Он светится в темноте, без нагревания испускает тепло, со временем образует новые элементы: один из них — газообразный, другой — твердое вещество. Он в 110 раз тяжелее водорода, в 55 раз тяжелее гелия, в 7 с лишним раз тяжелее воздуха. Один литр этого газа весит почти 10 грамм (точнее 9,9 г).

Однако никогда ни один ученый не имел возможности собрать такое количество газа. Да если бы такой объем газа и был бы получен каким-либо фантастическим способом, то, как указывал профессор Резерфорд, никакой сосуд не мог бы удержать его. Количество тепла, испускаемое этим газом, было бы так велико, что легко расплавило бы любой сосуд.

Как же называется этот чудесный газ? У него было три имени. И каждое из них имело свою историю.

После открытия радия, когда ученые с большим увлечением познавали тайны радиоактивности, было установлено, что твердые вещества, находившиеся в близком соседстве с солями радия, становились радиоактивными.

Однако спустя несколько дней, радиоактивность этих веществ исчезала бесследно. В 1902 г. Дорн, изучавший это явление, пришел к выводу, что радий непрерывно испускает радиоактивное вещество, невесомые количества которого оседают на близлежащих предметах. Это вещество оказалось, в свою очередь, радиоактивным газом, который Резерфордом был назван эманацией радия. Слово «эманация» было заимствовано из латинского языка и означало «истечение».

За способность светиться в темноте и сообщать особенно красивое сияние минералу виллемиту (силикат цинка) эманация в 1908 г. Рамзаем была названа нитон, от латинского слова «нитес», что значит «светящийся». Пятнадцать лет спустя постановлением международной комиссии по радиоактивности нитон был переименован в радон. Так прибавлением к основе слова, которым называется радиоактивный элемент, окончания «он», условились образовывать названия газообразных продуктов радиоактивного распада этих элементов (торон для тория, актинон для актиния). Торон и актинон — изотопы самого радона.

Радон — бесцветный газ, химически совершенно инертный, как и другие газы нулевой группы периодической системы. Радон лучше других инертных газов растворяется в воде (в 100 объемах воды растворяется до 50 объемов радона). При охлаждении до минус 62° радон сгущается в жидкость, которая в 7 раз тяжелее воды (удельный вес жидкого радона почти равен удельному весу цинка). При минус 71° радон «замерзает».

Количество радона, выделяемое солями радия, очень мало, и чтобы получить 1 литр радона, нужно иметь более 500 килограммов радия, в то время как на всем земном шаре в 1950 г. его было получено не более 700 граммов.

Радон — радиоактивный элемент. Испуская альфа-лучи, он превращается в гелий, и, твердый, тоже радиоактивный элемент, который является одним из промежуточных продуктов в цепи радиоактивных превращений радия.

Радон в ничтожных количествах находится в растворенном состоянии в водах минеральных источников, озер и лечебных грязях. Он находится в воздухе, наполняющем пещеры, гроты, глубокие узкие долины. В атмосферном

воздухе количество радона измеряется величинами порядка $5 \cdot 10^{-18}\%$ — $5 \cdot 10^{-21}\%$ по объему.

Благотворное действие минеральных вод, а также лечебных грязей при лечении различных заболеваний некоторыми учеными объясняется действием ничтожных количеств радона, растворимого в воде и грязях. Воды с повышенным количеством радона — радоновые ванны применяются в медицине большой популярностью. Помимо медицины радон используется в научных исследованиях, связанных с явлениями радиоактивности. Новыми «месторождениями» радона явились атомные реакторы, в которых радон образуется как продукт ядерных реакций.

ОДИН ИЗ НЕДОЛГОВЕЧНЫХ

87. Франций — Francium (Fr)

Элемент с порядковым номером 87 был предсказан в 1870 г. Д. И. Менделеевым, но в течение еще 69 лет место в периодической системе с надписью «экацезий» было незаполненным. Правда, как было и в случаях других неоткрытых элементов, «заявки» об открытии элемента 87 делались неоднократно. От них даже остались названия «виргиний», «молдавий», но это обычно были ошибки аналитических исследований, и ученые напрасно пытались химическими способами обнаружить «экацезий» в природе. Он оказался радиоактивным элементом, «жизнь» которого длится всего лишь два десятка минут. Если в девять часов получить один грамм «экацезия», в девять двадцать от него останется всего полграмма, в девять сорок — четверть грамма и т. д. К концу рабочего дня от него останутся невесомые количества, он попросту... «исчезнет».

Непродолжительность «жизни» экацезия затрудняет изучение его свойств. «Год рождения» экацезия 1939: в этом году он впервые был обнаружен французским ученым Маргаритой Пере. В честь своей родины она назвала новый элемент францием.

Получается франций при альфа-распаде актиния. В природе франций также возникает, но в ничтожнейших

количествах при радиоактивном распаде урана (несколько атомов на миллиард миллиардов атомов урана).

Несмотря на малую продолжительность «жизни» франция, в результате разработки способов его получения удалось показать, что по ряду свойств он подобен цезию. Это находится в полном соответствии с местом франция в периодической системе элементов. Спустя 70 лет со времени ее создания, открытие франция вновь подтвердило величие гения Д. И. Менделеева.

Применение франция пока еще ограничено; его используют для определения актиния в природных объектах. Франций, вероятно, может быть использован при диагностике рака. В пользу этого говорит характер радиоактивности.

ГЕНИАЛЬНОЕ ОТКРЫТИЕ СУПРУГОВ КЮРИ

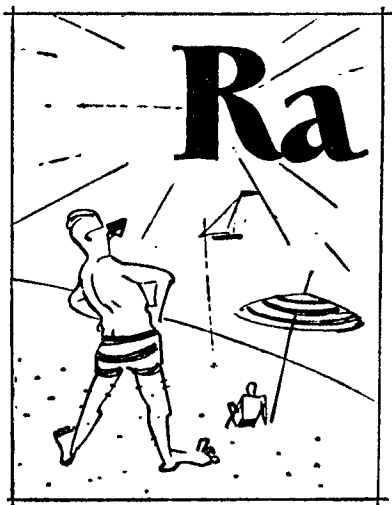
88. Радий — Radium (Ra)

Некоторые вещества обладают поразительным свойством: если такое вещество подвергнуть освещению солнечными лучами, светом кварцевой лампы или другого сильного источника света, то после освещения долгое время оно светится. Это явление называют фосфоресценцией. Оно было открыто в 1602 г. болонским сапожником Винченцо Каскарлло.

Светящиеся составы временного действия впервые были получены более 300 лет назад в Италии в Болонье (откуда произошло и название их «болонские фосфоры») путем прокаливания с углем тяжелого шпата (сернокислый барий), содержащего фосфоресцирующие примеси.

Шли десятилетия. В научных журналах изредка появлялись сообщения о новых фосфоресцирующих веществах, новых опытах и наблюдениях. Однако подобные сообщения не обращали на себя внимания, не вызывали научных споров, почти не замечались. В числе исследователей, интересовавшихся явлением фосфоресценции, находился тогда еще мало кому известный парижский профессор Анри Антуан Беккерель. Его имя, однако, вскоре стало известно в научных кругах не только Франции, но и других стран. Этому способствовало следующее событие.

4 января 1896 г. выдающийся немецкий физик Вильгельм Конрад Рентген подробно описал недавно открытые им лучи, обладающие большой проникающей способностью. Эти лучи, названные Рентгеном на заседании Германского физического общества икс-лучами, совершенно свободно проникали через бумагу, дерево, человеческое тело и даже через металлы. Вскоре весть об открытии «таинственных» лучей стала достоянием не только



ученых, но и многих любителей естествознания. После же сообщения о том, что предприимчивый врач с помощью рентгеновских лучей определил положение пули в теле пациента, и успешно проведя операцию, спас больного, икс-лучи получили особенную популярность. В модных салонах демонстрировались схемы приборов для получения икс-лучей, а нередко в порядке развлечения показывались на экране «изображения» скелетов тех, кто желал «просветиться». Между прочим, героями таких «скелетных сеансов» очень часто являлись светские дамы.

Возможность получения изображения «скелета» объясняется тем, что лучи, открытые Рентгеном, неодинаково проникают через различные вещества. Кости организмов, а также металлы, поглощают эти лучи сильнее, а чем кожа, мышцы, мягкие ткани тела или одежда.

Открытие Рентгена послужило толчком и для работ Беккереля. Зная, что икс-лучи, или лучи Рентгена, как называют их обычно теперь, испускаются из светящейся части рентгеновской трубки, Беккерель решил проверить, не являются ли фосфоресцирующие вещества источником лучей Рентгена.

Для проверки этого предположения Беккерель исследует ряд известных способных к фосфоресценции веществ. Для этого он освещает их солнечными лучами. Пользуясь

способностью лучей Рентгена проникать через различные материалы и воздействовать на фотопластинку, он помещает исследуемое вещество на фотопластинку, завернутую в черную, не пропускающую обычный свет бумагу. Однажды, когда день оказался пасмурным и осветить очередной образец исследуемого вещества солнечным светом Беккерелю не удалось, он в конце рабочего дня положил подготовленный образец и фотопластинки в черной бумаге в шкаф.

Четыре последующих дня были типичными для парижского января: на небе низко висели тучи, было пасмурно, моросил дождь. На пятый день утром он взял из шкафа образец и фотопластинки для исследования. Каково же было удивление Беккереля, когда при проявлении пластинок вместо мутного расплывчатого и даже сомнительного пятна обнаружился четкий, необыкновенно черный, отпечаток лежавшего на пластинках кусочка вещества. Возник вопрос: почему же пластинка почернела, ведь образцы не освещались, никогда не давали таких черных пятен! А если спрятать и вещество и закрытую пластинку в совершенно темную комнату?

Беккерель провел еще один опыт, но результат был прежним. Против кусочка исследуемого вещества, а им было соединение урана, на пластинке красовался четкий отпечаток! Еще опыт, повторение его, новые условия. Все по-прежнему! Опыты повторялись со многими веществами, но только те, которые содержали уран, давали четкое пятно на закрытой фотопластинке, причем интенсивность почернения пластинки была прямо пропорциональна количеству содержащегося в данном веществе чистого урана. Уран, казалось, являлся единственным виновником почернения фотопластинок. Беккерель и сделал подобное заключение. Но вскоре же ему пришлось от него отказаться. Произведя исследование урановой руды, известной под именем смоляной обманки из Богемии, Беккерель обнаружил, что она действует сильнее, чем следовало ожидать по количеству содержащегося в ней урана. Этого Беккерель не мог понять и тем более объяснить.

Фотопластинка оказалась все же не очень удобным инструментом для определения «урановых лучей». И нужен был удобный и доступный метод количественного определения потока лучей. Эту задачу успешно разрешил

физик, профессор Пьер Кюри. Оказалось, что под действием «урановых» лучей воздух становится проводником электричества. Чем больше этих лучей попадает в пространство между двумя заряженными электричеством металлическими пластинками, тем быстрее они теряют свои заряды.

Прибор был создан, его необходимо было использовать при изучении таинственных «урановых» лучей. За решение этой задачи принимается Мария Склодовская — жена Пьера Кюри. Полагая, что повышенная активность божемской руды объясняется наличием в ней неизвестного элемента, Мария Склодовская занялась его поисками. Вскоре была одержана первая победа: Мария Склодовская установила, что лучи, подобные урану, испускаются не только соединениями урана, но и тория. Но... и активность некоторых соединений тория была сильнее, чем следовало бы ожидать, судя по содержанию чистого тория. Это укрепляло ранее высказанную Марией Склодовской мысль о наличии в природе пока еще неизвестного радиоактивного химического элемента. Поиски его стали целью жизни супругов Кюри.

В большом количестве книг, статей, рассказов об­разно излагается история огромного, поистине героического труда по отысканию этого элемента. Два года шла работа в тяжелых, буквально нечеловеческих условиях труда — в сарае с дырявой крышей и асфальтовым полом. Руками двух самоотверженных людей были переработаны тонны урановой руды, полученной с большим трудом у австрийского правительства, и выделены первые крупинки солей нового элемента — полония. Соединения полония обладали огромной активностью и мощным излучением, но это был еще не чистый полоний. В нем были так же примеси. Как выделить их? Как определить свойства, если крупинки соли по размерам не превышают булавочную головку? И снова за работу! Проходят еще пять месяцев, и супруги Пьер и Мария Кюри добиваются новой победы. Они получают около одной десятой грамма соли таинственного элемента. За необычайную способность к лучеиспусканию они назвали его радием (от слова «радиус» — «луч»). Само явление испускания лучей было названо радиоактивностью.

В 1910 г. электролизом хлористого радия был получен радий в чистом виде. По внешнему виду он не отличается

от большинства металлов, имеющих серебристо-белый цвет, однако по свойствам радий не имеет себе подобных. Его активность в миллион с лишним раз больше активности урана, соли светятся в темноте, непрерывно излучают тепло. Количество тепла, выделяемого при этом граммом радия, в 250 000 раз больше, чем при сгорании такой же порции угля.

Новый элемент обладал необыкновенным физиологическим действием, которое впервые заметил Беккерель. Перевозя крупинку радия в Лондон для демонстрации в Лондонском королевском обществе, Беккерель некоторое время носил ампулу в кармане жилета. Вскоре он ощутил сильное жжение на теле против кармана и при осмотре обнаружил сильную красноту, похожую на пятно от ожога, перешедшее затем в долго не заживавшую язву. Изучая действие радия на организм, Пьер Кюри добровольно подверг себя эксперименту. Он пригласил ампулу с солью радия к руке и убедился в способности вещества вызывать долго незаживающие язвы.

Радий разрушает не только здоровые ткани, но убивает и злокачественные новообразования, излечивая поверхностный рак кожи. Такие свойства давали надежду на успешную борьбу с болезнью, против которой человек не имел еще действенных средств.

В 1904 г. французский промышленник Армэ де Лиль высказал смелую для того времени мысль об организации... завода по добыче радия для медицинских целей. Проект де Лилия претворен в жизнь, чему во многом способствовали супруги Кюри, подготовившие для этого тонкого производства опытных сотрудников. Радий стал поступать в продажу, правда, в минимальных количествах и по баснословно высоким ценам. Несмотря на это, он стал доступным для науки. Число ученых, работающих над изучением свойств радия, увеличивается с каждым годом. Опыты с радием ведут десятки ученых. Они установили, что лучи радия являются сложными, способные под действием магнитного и электрического полей разлагаться на составляющие их лучи. Эти составляющие по начальным буквам греческого алфавита были названы альфа-, бета- и гамма-лучами.

Оказалось, что альфа- и бета-лучи являются потоком матеральных частиц. Откуда же они исходят? Где тот неисчерпаемый источник, который не истощаясь, непре-

равно рождает их? Ответ один и необычен: атомы радия распадаются! То, что на протяжении столетий считали нерушимым, неделимым, вечным, на глазах распадалось, разрушалось на еще более мельчайшие, чем сам атом, материальные частицы. Разрушались не только атомы радия, но и старые научные представления.

Радий по своей активности превосходит в миллионы раз уран, над которым проводились первые опыты. Если уран добывали тоннами и применяли его соединения для окраски стекла, то радий был и остается труднодоступным элементом. Радия в природе мало, не превышает $8-10^{-12}\%$. Мария Склодовская получила немногим больше одного грамма радия. К 1916 г. было добыто 48 граммов, в 1927 г. количество добытого радия составило 340 граммов. В настоящее время на всем земном шаре добыто не более одного килограмма радия. Цена радия значительно превышала цену равного количества золота. Самая высокая цена на радий была в 1912 г. (510 тысяч золотых рублей за 1 г). Точно установлено, что в тонне урана находится 0,34 грамма радия. Если к этому добавить, что самая богатая урановая руда не столь уж богата ураном, то станет понятным, почему на земном шаре за все эти годы добыто всего около одного килограмма радия. Добавим еще три цифры: для извлечения 1 грамма радия из урановой руды нужно израсходовать 500 тонн реактивов, 10000 тонн угля и 10000 тонн дистиллированной воды!

В периодической системе элементов место радия определилось во второй группе. Присутствие радия в природе, вообще говоря, не было большой неожиданностью, так как существование радия в 1871 г., за 27 лет до его открытия, было предсказано Д. И. Менделеевым. По своим химическим свойствам радий оказался подобным барии. Сходство их столь велико, что сернистый барий при охлаждении из раствора увлекает в осадок и сернистый радий, если, конечно, он есть в растворе.

До самого последнего времени не были найдены сколько-либо значительные месторождения радия, хотя и установлено, что дно океанов богаче радием, чем суша. Может быть теперь это уже и не столь важно, поскольку разработаны способы искусственного получения радиоактивных элементов, вполне заменяющих радий во всех областях науки и техники. В связи с этим радий сейчас потерял первостепенное значение.

Открытие радия и явление радиоактивности знаменовали в истории развития науки новый этап в изучении вещества и начало новой эры в развитии техники. На грани двадцатого века человеческий гений совершил скачок к вершинам знания и власти над силами природы.

Как памятник великому подвигу Кюри на Брюссельской выставке в павильоне «Атом» демонстрировалась записная книжка Кюри-Склодовской. Через много лет страницы сохранили значительную радиоактивность. Может быть это так рано и прервало жизнь великого ученого?

БЕСПЕРСПЕКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

89. Актиний — Actinium (Ac)

Есть элементы, которым по-видимому, не суждено, по крайней мере, в ближайшем будущем, получить широкое применение хотя бы потому, что в земной коре они находятся в ничтожных количествах. К числу таких элементов можно отнести актиний, процентное содержание которого в земной коре выражается дробью, в которой значащая цифра стоит на пятнадцатом месте после запятой ($5 \cdot 10^{-15} \%$).

Несколько убедительнее и, пожалуй, нагляднее будет другая цифра. Актиний встречается как примесь к урану. В тонне содержится всего лишь шесть стотысячных долей грамма актиния. Это наиболее богатый источник актиния. Таким образом, чтобы добыть 1 грамм актиния, необходимо переработать 16000 тонн урана, т. е. 1000 вагонов. Неудивительно, что в самых современных справочниках отмечают: «Соединения актиния почти не изучены». Только о соединении актиния с серой пишут, что оно черного цвета и что у актиния, по-видимому, должны быть сильно выражены основные свойства. Однако, последнее заключение сделано не на основе экспериментального факта, а исходя из положения актиния в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

Актиний обладает радиоактивностью и является «родоначальником» семейства актинидов.

Получать металлический радий из его солей Марии Кюри-Склодовской помогал французский ученый А. Дебь-

ерн. Руководствуясь методами Склодовской, он выделил из урановой руды новый элемент — актиний. Это было в 1899 г.

Современная ядерная физика позволяет «восполнить» недостаток отдельных элементов в природе. Актиний получают в небольших количествах в атомных реакторах при облучении радия нейтронами. Это позволяет изучить некоторые химические свойства актиния. Расширение фронта исследований в области редких и редчайших элементов скоро приведет к тому, что новые учебники будут помещать сведения о реальных, а не предполагаемых свойствах.

ЭЛЕМЕНТ, ПЕРЕЖИВАЮЩИЙ ВТОРУЮ МОЛОДОСТЬ

90. Торий — Thorium (Th)

Академик А. Е. Ферсман в книге «Занимательная геохимия» приводит шуточный рассказ о том, как старые железнодорожники, придумывая названия станций построенной железной дороги, назвали одну из них Африкандой только потому, что в день их приезда на этой станции стояла невыносимая, как в Африке, жара.

Нечто подобное произошло и с элементом торием. Элемент «окрестил» Берцелиус по названию минерала торита, из которого была выделена «ториевая земля». Минерал торит, в свою очередь, получил название от имени древнегерманского бога грома и войны Тора. Конечно, Берцелиус не предполагал каких-то таинственных свойств у этого элемента, не связывал его особенностей с громом и военными событиями. Название дано было гораздо произвольнее, чем случай с Африкандой, и, очевидно, приближалось к поступку тех родителей, которые, обрадовавшись появлению на свет дочери, называют ее Артиллерией.

Совершенно очевидно, что разработка терминологии для вновь открываемых минералов играет не последнюю роль. Об этом убедительно писал академик А. Е. Ферсман, но к сожалению, вопрос с наименованиями новых минералов и элементов пока остается не разрешенным, и по-прежнему автор-открыватель дает названия по своему желанию.

Открытый в 1828 году в «ториевой земле», торий через несколько лет был выделен в свободном виде. Однако этот элемент добывался столь сложными путями, что еще в конце XIX в. килограмм соли этого элемента стоил более тысячи рублей.

Проходило одно десятилетие за другим, но торий продолжал оставаться известным только химикам, да и то не всем. Поворот в истории элемента тория связан с открытием ценного свойства двуокиси тория. При нагревании это вещество испускает яркий и приятный для глаз белый свет. Во второй половине прошлого века получили распространение так называемые газонакалильные лампы — источники освещения для помещений и улиц. Важнейшей частью этих ламп являлись газонакалильные сетки — сетчатые колпачки из 99% двуокиси церия. Эти лампы на несколько десятилетий отсрочили начавшее уже гибнуть из-за непосильной конкуренции с электрическим освещением производство светильного газа. В пламени светильного газа колпак из смеси двуокисей тория и церия испускает яркий свет, так как теплота сгорания газа превращается большей частью в световую энергию. Это было очень выгодно. Изобретатель газонакалильных сеток нажил изрядное состояние. Однако, как ни ярко светились ториевые колпачки, на смену им пришел «русский свет» — электрические лампочки русского изобретателя Лодыгина, и ториевые колпачки газонакалильных фонарей потеряли свое значение, вместе с этим резко сократилось применение и производство ториевых соединений. История элемента, казалось, уже заканчивалась. И не более как двадцать лет назад в справочниках о тории писали кратко: «Почти никакого технического применения не имеет». Это соответствовало действительности — торий почти не применяли. Он использовался, главным образом, как добавка в сердечники углей для дуговых ламп прожекторов.

«Переоценка ценности» тория, однако, началась значительно раньше, почти тогда же, когда Мария Склодовская и, независимо от нее, Шмидт установили, что торий является радиоактивным элементом, хотя и с менее выраженной активностью, чем у радия. Оказалось, что атомы тория претерпевают ряд последовательных разрушений, превращаясь в конечном итоге, в устойчивый свинец с атомным весом 208. Неустойчивость ядра атома тория

нашла практическое применение в настоящее время как источник внутриатомной энергии.

Преимущество тория как ядерного «горючего» перед ураном состоит также в том, что лишь при 1400—1500° кристаллическая решетка тория начинает претерпевать фазовые превращения. Это позволяет реактору на ториевом горючем работать при более высоких температурах.

Торий в природе значительно больше урана. Соединения тория содержатся в монацитовом песке. Торий в земной коре не так уже мало ($6 \cdot 10^{-5}\%$). В ничтожных количествах он встречается даже в гранитах.

Торий по внешнему виду и температуре плавления напоминает платину, по удельному весу и твердости — свинец. В химическом отношении у тория много сходства с церием, а по структуре электронной оболочки атома — это равноправный член семейства актинидов.

Перспективы применения тория неограниченны: атомные двигатели и, как знать, может даже атомные станции для подогрева воды в северных реках, получают для своей работы торий в качестве энергетического сырья.

«ПРЕДОК» АКТИНИЯ

91. Протактиний — Protactinium (Pa)

Существование протактиния было предсказано в 1871 г. Д. И. Менделеевым.

Этот элемент, максимальное количество которого в руках исследователей не превышало нескольких сотых долей грамма, является близким «родственником» актиния не только по положению в периодической системе, но и по совместному местонахождению в природе и своим свойствам. О том, как трудно было получить его в чистом виде, можно судить по тому, что в источнике этого элемента — уране — протактиний присутствует вместе с радием, причем приблизительно в одинаковых количествах. В тонне металлического урана содержится примерно по три грамма радия и протактиния. Но тонну металлического урана получить не так просто.

Радиоактивный протактиний является спутником урана и встречается как примесь к урановым рудам, а по проис-

хождению в одно и то же время — «сыном» урана и «отцом» актиния. Излучая альфа-лучи, радиоактивный изотоп протактиния, встречающийся в природе, превращается в актиний. В этом случае он — «отец», а образуясь из урана — «сын» последнего. Название элемента ближе всего соответствует буквальному переводу — «первый луч» («протос» по-гречески «первый», «актинос» — «луч»), в более свободном переводе — «первый в ряду», т. е. родоначальник актиния.

Излучаемые протактинием альфа-частицы обладают малой энергией и, в связи с этим короткой длиной пробега, что позволяет определить содержание протактиния в сырье не прибегая к химическим методам. Один из приемов выделения протактиния основан на способности соединения элемента адсорбироваться из растворов на стекле химической посуды.

Немецкие исследователи О. Ган и Лиза Мейтнер открыли протактиний в 1917 г. Лишь через десять лет ученый Гроссе выделил несколько сотых грамма серебристо-белого металла — протактиния. Этот героизм нельзя не оценить, зная, что содержание протактиния в земной коре оценивается дробью (в процентах от общего числа атомов), в которой значащая цифра начинается после одиннадцати нулей: 0,000 000 000 008%. Из пяти с половиной тонн отходов богемской урановой смоляной руды можно получить полграмма относительно чистого протактиния.

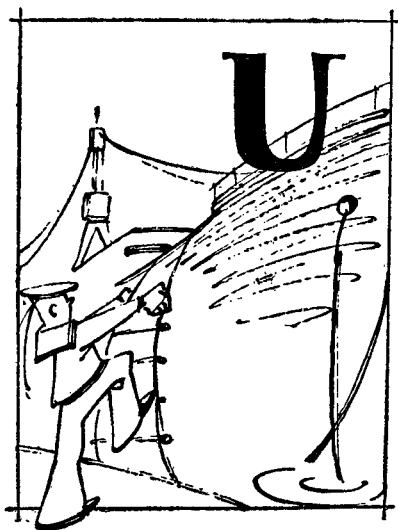
О перспективах применения протактиния, стоя на пороге атомного века, следует говорить с осторожностью. Пока эти перспективы весьма узки, но... будущее может их неожиданно расширить.

ВОПЛОЩЕНИЕ НАДЕЖДЫ И ТРЕВОГ

92. Уран — Uranium (U)

В греческой мифологии Ураном назывался бог неба, сын и одновременно супруг богини Земли — Геи, отец титанов и циклопов — одноглазых гигантов. Имя Урана было присвоено седьмой планете солнечной системы, которую в начале принимали за комету. В 1789 году М. Клап-

рот при исследовании смоляной руды обнаружил в ней новое вещество, которое в честь открытия планеты Уран также было названо ураном. В 1842 г. французский химик М. Пелиго доказал, что при обжиге с углем окислов урана из них получается не свободный уран, а... опять один из окислов. По внешнему виду этот окисел напоминал медь и был принят М. Клапротом за металл. Правда, осторожный Клапрот дипломатично назвал обнаруженное



вещество «полуметаллом». Эта осторожность не лишила Клапрота авторства. Выделенный Пелиго в 1842 г. металл был уже действительно ураном.

Более полуторавековая история урана в человеческой практике знаменовалась периодическими спадами и подъемами интереса к этому элементу. И только несколько десятков лет назад бесповоротно и окончательно решилась судьба урана — металла новейшей истории. Без капли преувеличения сейчас можно сказать, что дальнейший технический прогресс всего человечества неразрывно связан с проблемой применения уранового источника энергии.

В руках заправил империалистического мира уран — сырье для производства смертоносного атомного и термоядерного оружия. Поэтому главной задачей современного этапа в развитии человеческого общества является безусловное запрещение всех видов этого оружия как средства массового уничтожения, грозящего огромными бедствиями человечеству. Последовательная и настойчивая политика Советского государства в осуществлении всеобщего запрещения атомного оружия, горячая поддержка этой политики всем прогрессивным человечеством и активная борьба за ее осуществление являются надежной

гарантией против использования атомной энергии для массового уничтожения людей.

Пожалуй, ни один элемент никогда не привлекал столь пристального внимания людей, как уран. И этот интерес вполне понятен, если вспомнить, что уран — неисчерпаемый источник энергии, владеть и управлять которой учится человек.

Сейчас как-то странно звучат слова, написанные в книгах всего лишь двадцатилетней давности. Так, в одном из самых солидных учебников химии, вышедшем в 1935 г. в разделе «Уран и его соединения», говорится: «Урановые препараты находят ограниченное применение». В другом руководстве по химии написано: «Получение чистого металла до сих пор не имеет никакого практического значения».

В чем же состояло ограниченное применение урана?

Почти до самого конца XIX в. урановые соединения представляла «урановая желть» (окись урана), сообщающая при добавке обычному стеклу желтый или оранжевый цвет в проходящем свете и зеленоватый в отраженном. Это же соединение урана использовали для рисовки ценнейшего северского фарфора (так называемая подглазурная живопись). Некоторые соединения урана давали возможность получать окраски от желтого до бархатно-черного цветов, неповторимой прочности и стойкости. Урановая руда ценилась в это время только за возможность получения из нее красителей для фарфорово-фаянсового производства.

На грани XX столетия ученые открыли в отбросах урановой руды радий. Удаче Марии Склодовской и Пьера Кюри в открытии радия, безусловно, способствовало то, что отбросы урановой руды были в то время весьма дешевым материалом. Супруги Кюри, хотя и с большими хлопотами, получили их для своих работ почти бесплатно. С открытием радия урановая руда стала источником этого «чудесного» элемента. Однако сам уран после отделения радия почти не использовали. Для сбыта его пытались получить урановую быстрорежущую сталь, но трудности выделения чистого урана не способствовали ее распространению. Не находя значительного применения, используясь, главным образом, в фотографии, урановые соединения в 30-х годах XX века ценились гораздо дешевле радия.

Внезапно интерес к урану, как и цены на него, возросли, а радий, занимавший среди других элементов столь исключительное место, совершенно потерял первостепенное значение. «Виновниками» такого невероятного обмена ролями радия и урана оказались советские ученые Г. Н. Флеров и К. А. Петржак. В 1939 г. они установили, что атомы урана склонны к спонтанному, самопроизвольному взрыву своего ядра, и что этот взрыв идет с выделением колоссального количества тепловой энергии. Правда такой взрыв происходит в веществе очень редко: в сотни тысяч или миллионы раз реже, чем обычный альфа-распад. Однако если бы такие «взрывы» последовательно протекали бы друг за другом, то один грамм ядер урана выделил бы такое же количество энергии, как и 18 тонн обычного взрывчатого вещества.

Конечно, в умах человеконенавистников, воспользовавшихся идеей Г. Н. Флерова и К. А. Петржака, немедленно возникли планы создания нового оружия, с помощью которого можно было бы обеспечить господство над миром и власть над народами. За создание такого атомного оружия принялись германские фашисты и американские миллиардеры — претенденты на мировое господство. В тайных лабораториях, на сверхсекретных заводах начали лихорадочно ковать атомное оружие.

Уран, как и другие элементы имеет несколько изотопов, которые в различной степени способны к делению под действием нейтронов. Оказывается, что наиболее способным к нейтронному делению ядер является изотоп урана с массовым числом 235. При распаде ядра атома изотопа урана-235 возникают осколки (атомы элементов с массовым числом меньшим, чем уран) и 2—3 нейтрона, которые, попадая в ядра соседних, еще не распавшихся атомов урана, вызывают такое же деление. Благодаря многократному повторению этих быстро протекающих процессов, распад атомов лавинообразно нарастает (цепная реакция), и выделяется то огромное количество энергии, которую и принято именовать атомной, а явление — атомным взрывом. На применении цепной реакции урана или плутония и основан принцип действия атомной бомбы. Одна из первых бомб была изготовлена из урана-235. В природной смеси изотопов урана-235 всего 0,715%, то есть на каждый килограмм природного урана приходится 7,15 грамма урана-235.

Поэтому, для применения ядерной энергии необходимо было найти способы получения или разделения изотопов, или обогащения смеси их ураном-235.

Такое разделение изотопов можно было осуществить, используя шестифтористый уран с температурой кипения $55,7^\circ$ способом газовой диффузии. Этот способ основан на более быстрой способности шестифтористого урана-235 проникать через пористый фильтр в сравнении с тем же соединением, но содержащим уран-238 (обычный, не «горючий»).

Разделение изотопов урана методом термодиффузии связано с устройством многих тысяч перегородок, насосов, холодильников. Поэтому только пусковой период этого «деликатнейшего» технологического процесса составляет 80—100 дней.

Уран — мягкий, серебристо-белый металл, в два с половиной раза тяжелее железа, более чем в полтора раза тяжелее свинца. Этот химически активный элемент образует много соединений, легко реагирует со многими неметаллами, дает сплавы и соединения с ртутью, оловом, медью, свинцом, алюминием, висмутом, железом и другими металлами.

Можно сказать, что в настоящее время уран является одним из наиболее полно изученных элементов периодической системы.

Для металлического урана известно несколько кристаллических модификаций, переход которых сопровождается резкими объемными изменениями. Первый такой переход происходит при 660° . Поэтому в атомных реакторах на урановом «горючем» нельзя допускать более высокую температуру.

Уже при 100° вода немедленно разлагает уран с образованием окислов и гидридов, а при 700° компактный уран загорается. Поэтому урановые стержни покрывают алюминием. Из-за большой химической активности (средство к азоту, кислороду, углероду) получение металлического урана сопряжено с большими трудностями, тем более, что уран нельзя получить электролизом или очистить возгонкой.

Читая книги, в которых отражена история изучения урана, нетрудно заметить, как быстро «понижалась» его температура плавления. В 1925 г. указывалось, что температура плавления урана выше 1850° , в 1932 г. она уже

«точно» определялась в 1850°, в 1935 г.—в 1400°, а в 1956 г. большинство авторов единодушно утверждает, что она равна 1133°. Такое «снижение» температуры плавления урана объясняется исключительно совершенствованием техники очистки и получения «чистого» урана. Чем чище стали получать уран, тем все ниже оказывалась его температура плавления.

Внимание этому элементу в свое время уделял Д. И. Менделеев, доказавший, что атомный вес урана равен 240, а не 120, как утверждали предшественники и современники Д. И. Менделеева.

Общее содержание урана в земной коре составляет, по данным разных авторов, от двух до четырех десятитысячных долей процента, что в переводе на язык весовых единиц равняется миллиардам тонн! Достаточно указать, что урана больше, чем ртути, кадмия, серебра...

И если за 40 лет с начала XX в. было добыто всего 7500 тонн урана, то со времен второй мировой войны его добыча резко возросла. Правда, уран не встречается в виде мощных месторождений, но зато известно большое число минералов, содержащих уран: карнотит, отенит, уранинит, торбенит, тюямунит (Африка, Австралия, СССР). Богатейшие залежи урановой смоляной руды находятся в Чехословакии. В малых количествах уран находится в углях, нефти, морской и грунтовой воде и даже в граните.

Известно, что растения обладают способностью избирательно поглощать различные элементы из почвы. Некоторые растения поглощают уран. С одной стороны это «аккумуляторы», а с другой — своеобразные сигнализаторы близких залежей урановых руд.

В перечне минералов, которым мы опасались утомить читателя, не хватает многих, но об одном из них напомним еще раз — это клевет. Тот самый знаменитый норвежский клевет, из которого Рамзай и его ассистент Мэтьюз выделили гелий и тем установили его присутствие на Земле.

Все без исключения урановые минералы содержат гелий в поглощенном или, как говорят химики, адсорбированном состоянии. Это обстоятельство не могло пройти мимо исследователей. Заинтересовавшись гелием, они вскоре установили свинец. Причем оказалось, что сопутствует урану не просто свинец, а изотопы свинца с атом-

ным весом 206—207. Изучение такого «сопутствия» показало, что медленный естественный радиоактивный распад урана идет через много стадий — «поколений» различных радиоактивных веществ. Только изотопы свинца 206—207 являются устойчивыми. Значит, уран «прапрадедушка» свинца. Зная количество свинца 206—207 в тех или иных горных породах и скорость образования его из урана, можно с большой степенью точности определять «возраст» этих горных пород. Так минералы, содержащие уран, стали теми природными хронометрами, по которым физики, химики и геологи отсчитали не секунды, не минуты, и не часы, а тысячелетия и миллионы лет истории Земли.

Заканчивая рассказ об уране, нам хочется еще раз подчеркнуть суть различия в использовании достижений науки в странах капитализма и социализма.

Первая атомная бомба была создана в США и стоила, по официальным данным, 2 миллиарда долларов, выжатых из карманов трудящихся. Насколько велика стоимость этой бомбы, достаточно сказать, что около четвертой части семей в США получает менее 2000 долларов дохода в год. Урановая атомная бомба впервые была применена на войне войсками США. Она была сброшена 6 августа 1945 г. на город Хиросима с самолета типа В-29 с высоты 9000 метров. Взорвавшись в 600 метрах от поверхности земли, вызвала огромное число жертв среди мирного населения. Так был использован уран страной капитализма.

Использование урана на благо человечества составляет основную цель применения атомной энергии в странах социализма. Безграничность перспектив использования урана для блага людей стала совершенно очевидной после того, как 27 июня 1954 г. была пущена в ход первая в мире советская электростанция на урановом «топливе» мощностью 5000 киловатт. В сутки она расходует около 30 граммов урана-235 и бесперебойно работает уже несколько лет.

В соответствии с решением XX съезда КПСС в нашей стране строятся атомные электростанции общей мощностью около 2,5 миллиона киловатт, уже сокрушает льды северных морей советский атомоход «Ленин». Охраняя неприкосновенность и неприступность наших границ бороздят моря и океаны подводные лодки с атомными

двигателями. Всем народам земного шара нужно бороться за то, чтобы с уверенностью можно было бы сказать: уран — это счастье и мир на Земле!

ЕЩЕ ОДИН ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ АСТРОНОМИИ

93. Нептуний — Neptunium (Np)

В июне 1934 г. на страницах немецкого химического журнала появилось сообщение чешского инженера Одо-лена Коблика. Он являлся руководителем исследовательской лаборатории при Иоахимсталевских шахтах (Чехословакия), которые в начале XX в. поставляли супругам Кюри руду для получения радия. В сообщении говорилось о том, что в промывных водах урано-радиевого завода О. Кобликом обнаружен новый элемент. Место этого элемента в периодической системе Менделеева должно было находиться за ураном.

В честь своей родины Коблик назвал новый элемент богемием. Чехия — западная часть Чехословакии, раньше называлась Богемией. Предприняв более тщательное исследование, Коблик обнаружил, что выделенный им элемент весьма сходен с вольфрамом. Будучи справедливым и честным ученым, Коблик посчитал своим долгом немедленно сообщить в редакцию журнала о своей ошибке, и тем самым взял свое сообщение обратно. Заметка о допущенной ошибке от имени редакции была опубликована в том же 1934 г.

В тридцатых-сороковых годах XX в. во многих лабораториях мира проводились широкие исследования результатов «бомбардировки» ядер устойчивых атомов нейтронами. В результате обстрела урана был получен один из новых элементов, занявший следующее за ураном место 93 с массовым числом 239. Элемент 93 был впервые выделен американскими учеными Э. Макмилланом и Ф. Абельсоном в 1940 г. и получил название нептуния.

Чтобы объяснить происхождение этого названия, необходимо сделать хотя бы весьма краткий экскурс в область истории планетной астрономии.

До 1846 г. астрономам было известно в солнечной системе 7 планет. 1846 год ознаменовался в астрономии открытием новой, восьмой планеты, названной Непту-

ном. Седьмая из них, считая от Солнца, называлась Ураном. Последним же в периодической системе Менделеева был к 1940 г. элемент уран. Вот почему, когда был открыт новый заурановый элемент, его по аналогии назвали нептунием. Древние римляне Нептуном именовали таинственного бога моря. Моряки с древних времен, пересекая экватор, приносили Нептуну жертву, чтобы он «сохранил» их от бурь и непогоды, принес удачу в плавании. Потеряв религиозное содержание, праздник перехода экватора в настоящее время приобрел характер веселой инсценировки, в которой шуточный «обряд посвящения» членов экипажа, впервые пересекающих на корабле экватор, находится в центре внимания всей команды. Красочное описание праздника Нептуна встречается во многих произведениях художественной литературы. Между прочим, В. А. Арсеньев и В. А. Земский празднику Нептуна также отвели несколько страниц в увлекательно написанной книге «В стране китов и пингвинов», посвященной будням китобойной флотилии «Слава».

Однако вернемся к планете Нептун. Как известно, французский астроном Леверрье и независимо от него английский астроном Адамс при наблюдении за планетой Уран заметили некоторые отклонения в движении этой планеты. С помощью... математических вычислений они не только установили существование никому не известной планеты, следующей за Ураном, которая своим притяжением вызывает «возмущения» Урана, но и указали место, где ее следует искать на небе. Вскоре эта планета была обнаружена. Элемент гелий открыли на Солнце, а затем нашли на Земле. Планету Нептун «нашли» на Земле, а затем открыли на небе.

Ф. Энгельс, оценивая заслуги Д. И. Менделеева в деле создания периодической системы и предсказания новых элементов, писал: «Менделеев показал, что ... должны быть еще открыты новые элементы. Он наперед описал общие химические свойства... этих неизвестных элементов... и оказалось, что предсказания Менделеева оправдались... Менделеев, применяя бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты — Нептуна»¹.

¹ Ф. Э н г е л ь с. Диалектика природы, стр. 129, издание 1934 г.

В самое последнее время в урановых рудах открыты ничтожно малые количества нептуния, которые определяются лишь качественно. Возникает вопрос: может быть, Коблик, сообщив об открытии богемия, был прав? Нет, едва ли. Путь, по которому он шел, не мог привести к открытию нептуния.

Нептуний — пластичный, серебристый металл, с температурой плавления 640° и удельным весом 19,5. По этим величинам трудно судить о тех необычайных трудностях, которые пришлось преодолеть ученым для того, чтобы получить эти цифры. Начнем с того, что измеримые количества нептуния, полученные впервые, составляли гаммы (миллионные доли грамма). Для взвешивания таких количеств вещества потребовалось создать весы исключительной точности. С их помощью можно было измерять количество вещества в одну стомиллионную долю грамма.

Удельный вес нептуния определяли, имея всего 40 гамм (не грамм!) металла, который помещали в трубочку, с диаметром отверстия в три десятых миллиметра.

Получение нептуния весьма сложно. Исходным материалом является хлористая или фтористая соль нептуния. При восстановлении этих солей парами бария при температуре 1300° в тигле, изготовленном из окиси бериллия, получается чистый нептуний. Нагрев осуществляется танталовой проволочкой, электрический ток подводят к ней через вольфрамовые контакты.

Нептуний, как теперь установлено, имеет много радиоактивных изотопов. Самым «долгоживущим» из них является изотоп с массовым числом 237, полученный в 1942 г. Период полураспада у этого изотопа составляет более двух миллионов лет. Остальные изотопы «живут» считанные дни, часы и минуты.

Нептуний образуется в атомных реакторах из урана и является промежуточным продуктом в процессе накопления плутония.

ЯДЕРНОЕ ГОРЮЧЕЕ

94. Плутоний — Plutonium (Pu)

В 1930 г. американский астроном Персиваль Ловелл, автор фантастических очерков о жизни на Марсе, обнаружил некоторую неправильность в движении планеты

Уран, но не ту, которую значительно раньше его отмечал Леверрье. На основе своих наблюдений Ловелл пришел к заключению, что за Нептуном в солнечной системе должна быть еще одна, девятая планета, отстоящая от Солнца в сорок раз дальше, чем Земля. Эта планета действительно была обнаружена и названа Плутоном. По имени этой планеты, расположенной в солнечной системе за Нептуном, был назван плутонием элемент 94, искусственно полученный в 1941 г. из ядер атомов урана группой американских ученых во главе с Г. Сиборгом. Замечательно, что плутоний был найден в природе после того, как он был получен искусственно.

Плутоний обычно содержится в урановых рудах в качестве естественной примеси к урану как продукт радиоактивного превращения урана. Считают, что плутоний образуется в урановых рудах в результате захвата нейтронов ядрами урана. Однако плутоний образуется в таких количествах, что о добыче плутония из руд не может быть и речи.

Плутония в уране всего одна миллиардная доля процента по весу, т. е. один атом плутония приходится на 140 миллиардов атомов урана. В урановой руде Конго (Африка) один грамм плутония приходится на 4 миллиона тонн урана.

По своим свойствам и внешнему виду плутоний представляет блестящий металл с температурой плавления 640° и удельным весом от 15,4 до 19,0. Эта неопределенность удельного веса объясняется наличием нескольких разновидностей плутония.

Одна из этих разновидностей обладает интересным свойством. При нагревании она не расширяется, как это бывает обычно у металлов, а сжимается. Элемент плутоний имеет тринадцать изотопов с массовыми числами от 232 до 244. Практическое применение находит пока плутоний 239, у которого период полураспада равен 24000 лет.

Из всех заурановых элементов применяется только плутоний, поэтому его химические свойства изучены лучше, чем многих «старых» элементов. В технологии плутония применен удивительный масштаб перехода от лабораторных опытов к заводскому процессу — от миллионных долей грамма в лаборатории, сразу — к килограммам на заводе.

Плутоний образуется в атомных реакторах при расщеплении урана. Сложнейший процесс выделения плутония из смеси был освоен в США в небывало короткий срок с единственной целью — изготовить атомную бомбу. Первая плутониевая бомба изготовлена в США. Утром 9 августа 1945 г. она была сброшена с самолета типа «Летающая крепость» на мирное население японского города Нагасаки. Ее взрыв повлек десятки тысяч смертей и сотни тысяч тяжелых увечий.

Советский народ нанес сокрушительный удар атомной дипломатии поджигателей войны, выдвинув предложение о безусловном запрещении всех видов оружия массового уничтожения.

В античной мифологии Плутон играл роль бога подземного мира, владыки царства теней усопших. Современная роль плутония в капиталистических странах, где власть принадлежит поборникам политики «холодной войны», зловеще совпадает с ролью, которую древние греки поручили в своих поэтических мифах мрачному Плутону.

В атомной промышленности для мирных целей плутоний займет ведущую роль, как основное ядерное горючее. Плутоний нашел некоторое применение в мирных целях. Так, например, им покрывают платиновые диски в некоторых радиометрических приборах.

В ЧЕСТЬ АМЕРИКИ

95. Америций — Americium (Am)

Элемент с порядковым номером 95 был получен из урана Г. Сиборгом в 1944 г.

Чтобы получить этот элемент, для бомбардировки ядер атомов урана понадобились более «тяжелые снаряды». Такими «снарядами» явились на сей раз не протоны, а альфа-частицы.

Вначале элемент 95 был получен в таких малых количествах, что потребовалась большая изобретательность для исследования его химических свойств.

В атомных реакторах, которые вступили в строй после 1944 года («год рождения» элемента 95), были получены

различные изотопы этого элемента. Пуск атомных реакторов открыл более широкие возможности для исследователей, облегчил их задачу, дав в руки химиков весомые количества плутония.

Элемент 95 очень схож с лантанидами. В чистом виде — это серебристо-белый, ковкий металл с удельным весом 11,7. Он был назван Г. Сиборгом америцием. Такое название было дано с учетом положения элемента 95 в «ряду актинидов» периодической системы Менделеева. Элемент 95 закономерно был помещен под схожим с ним элементом 63 в «ряду лантанидов». Элемент с номером 63 — европий — получил свое название в честь Европы, по аналогии с ним, элементу с номером 95 было присвоено в честь Америки название америций.

В ПАМЯТЬ О ПОДВИГЕ СУПРУГОВ КЮРИ

96. Кюрий — Curium (Cm)

При нагревании парового котла с топкой на твердом или жидком топливе в качестве отброса и даже вредного продукта образуется дым, с которым постоянно ведут борьбу.

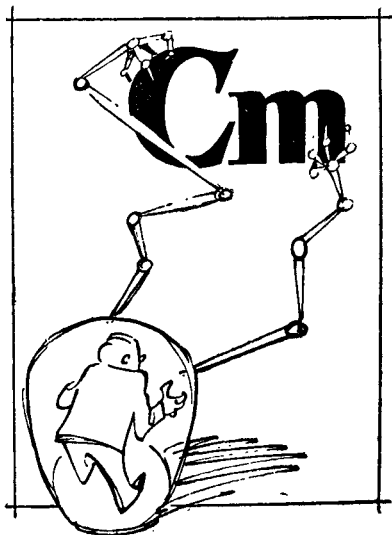
При работе атомного «котла» одним из таких отходов является поток «нейтронного газа», представляющий большую опасность для обслуживающего персонала. Для предохранения людей от этого смертоносного потока вокруг реактора сооружают защитные бетонные стены толщиной в несколько метров. Такие стены поглощают нейтроны и другие излучения. В стенах оставляют несколько закрываемых каналов. Если в такой канал поместить какое-либо вещество, то оно подвергнется действию мощного потока нейтронов. Таким путем в 1944 г. Сиборг и получил элемент 96. Сначала получался один из изотопов америция, который в результате бета-распада превратился в новый элемент. В честь Марии и Пьера Кюри этот элемент был назван кюрием. Буква «эм» от имени Мария — проявление глубокого уважения к женщине-ученому.

Позднее различные изотопы кюрия были получены путем «обстрела» плутония альфа-снарядами.

Исследование химических свойств кюрия весьма затрудняется сильной радиоактивностью. Свойства таких элементов приходится изучать с помощью различных хитроумных устройств, используя телевизионные передатчики, «механические руки» и другие «дикивинки» современной атомной техники.

Растворы солей кюрия, благодаря его радиоактивности, сильно нагреваются, вода разлагается на водород и кислород. Излучение

настолько мощно, что растворы солей кюрия светятся в полной темноте с такой же силой, как и радий. Металлический кюрий обладает серебристым цветом. Его удельный вес равен семи.



ГОД ИХ РОЖДЕНИЯ — 1950-й

97 и 98. Берклий и Калифорний — Berklium (Bk)
Californiaium (Cf)

По названию американского города Беркли, в котором находятся университет и институт ядерной физики, и южного штата Калифорния (США), на территории которого расположен город Беркли, были названы два, почти одновременно полученные, искусственные элементы — берклий и калифорний. Для представления всей сложности работы по получению этих элементов и изучению их свойств достаточно указать, что на первых порах количество очень неустойчивых атомов элемента калифорния, находившихся в распоряжении исследователей, не превышало десяти тысяч, или нескольких миллиардных долей от миллиардной доли грамма.

Сравнительно большие количества этих элементов были получены путем длительного облучения плутоний в атомных реакторах.

После открытия в 1950 г. берклия и калифорния детально изучались не только их химические свойства, но и пути синтетического получения этих элементов с применением «сверхтяжелых снарядов». Было установлено, что такими «сверхтяжелыми снарядами» могут служить ядра атомов углерода, азота и кислорода.

Искать в земной коре открытые элементы бесполезно; если бы они были, то давным-давно «испарились», радиоактивно разложились, так как они имеют малый период полураспада.

В ЗЕМНОЙ КОРЕ ИХ НЕТ

99 и 100. Эйнштейний и Фермий — Einsteinium (En) Fermium (Fm)

Первые сообщения о синтезе этих элементов сначала появились (1950—51 гг.) на страницах научно-популярных журналов. Авторы статей даже «окрестили» эти элементы. Название одного элемента — афиний — было дано в честь столицы Греции города Афины, в котором более двух тысяч лет назад были впервые высказаны философские представления об атомах. Второй элемент назвали центурием, подчеркивая этим «круглое» число элементов (слово «центуриум» — «сотый»). В этих сообщениях указывалось также, что они получены путем «бомбардировки» нептуния и плутония ядрами углерода.

Однако эти сообщения в дальнейшем не были подтверждены. Новые научные исследования, проведенные в конце 1952 г., свидетельствовали о наличии новых элементов в продуктах распада термоядерного взрыва, осуществленного в Тихом океане в ноябре 1952 г. под именем «Операции Майк».

Применяя новейшие методы исследования, проведенные Альбертом Гьорсо и Гленном Т. Сиборгом в Беркли, над десятками килограммов коралловых отложений, собранных на одном из атоллов, ближе всего располагавшегося от места взрыва во время «Операции Майк», были найдены новые элементы 99 и 100.

Между прочим, элемент 100 был открыт при наличии всего лишь ...200 его атомов!

Затем были найдены и другие пути синтеза элементов 99 и 100. В частности, эти элементы были получены при применении «сверхтяжелых снарядов», ионов азота и кислорода для обстрела урановых мишеней.

В августе 1955 г. на международной научно-технической конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве элементам 99 и 100 были присвоены названия эйнштейний и фермий в честь выдающихся ученых двадцатого столетия Альберта Эйнштейна и Энрико Ферми, внесших большой вклад в науку об атоме и атомном ядре.

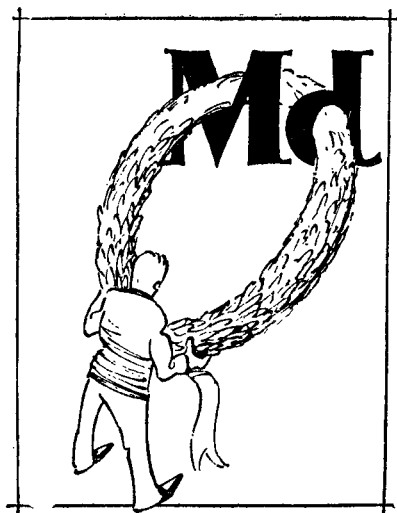
Изотопы этих элементов весьма неустойчивы, с коротким периодом «жизни». У фермия, например, самые «стойкие» изотопы с периодом полураспада, в несколько часов. В земной коре этих элементов не существует.

В ЧЕСТЬ РУССКОГО ГЕНИЯ

101. Менделеевий — Mendeleevium (Md)

Много труда, таланта, изобретательности было вложено в открытие редчайших элементов, в синтез новых искусственных атомов, которых нет в земной коре. Однако подлинным торжеством могущества человека над силами природы, триумфом современной науки явился синтез элемента, занявшего в периодической системе сто первое место. Сообщение об этом поразительном экспериментальном мастерстве появилось в мае 1955 г., и, следовательно, элемент 101 является одним из самых молодых в периодической системе и... в природе!

Для получения первых 17 атомов этого элемента, на которых изучены его некоторые химические и физические свойства, потребовалось мобилизовать весь арсенал современной физики и химии: мощные циклотроны, жидкий гелий, тончайшие приемы хроматографического анализа, самую современную и совершенную аппаратуру для регистрации ядерных реакций, а в качестве «сырья» — один из изотопов также недавно синтезированного элемента эйнштейния. Обстреливая изотоп эйнштейния-253



альфа-частицами, получили первые атомы нового элемента. Образующийся элемент, как следует из его положения в периодической системе, должен быть радиоактивным. Поэтому, как описывает руководитель лаборатории Гленн Сиборг, «к счетчику, находившемуся в зале химической лаборатории, был присоединен оглушительный пожарный звонок, так что каждое из этих редких событий¹ сопровождалось громким трезвонном, вызывающим, в

свою очередь, громкие радостные возгласы присутствующих. Однако этой игре был положен вполне справедливый конец, когда звонки обратили на себя внимание пожарной охраны».

Всего 17 атомов! Невозможно подобрать даже подходящее сравнение для того, чтобы представить себе это количество. Если атомы железа, содержащиеся в булавочной головке, равномерно распылить над земным шаром, то на каждый квадратный метр поверхности земного шара упало бы... двадцать тысяч атомов железа. В самых чистых веществах всегда есть примесь других, в количествах значительно превышающих названное.

Группа американских ученых А. Джорзо, Б. Харвей, Д. Чоппин, С. Томпсон во главе с Г. Сиборгом, занимавшаяся получением элемента 101 и изучавшая некоторые его свойства, назвала вновь созданный элемент в честь гениального автора периодической системы Д. И. Менделеева — менделеевием, ибо «Менделеевская система в течение почти столетия служила ключом к открытию элементов».

¹ Образование атома элемента и его распад с выбросом альфа-частицы.

БУДЕТ ЛИ ОН ПРИЗНАН КАК НОБЕЛИЙ?

102. Нобелий —
Nobelium (No)?

Следуя по пути, указанному периодической системой элементов Д. И. Менделеева, группа ученых Англии, США, Швеции в 1957 г. получили новый элемент, названный ими в честь Нобелевского физического института в Стокгольме, где впервые начались работы по синтезу элемента, нобелием.

Первые несколько атомов элемента 102 были получены весной 1957 г. бомбардировкой атомов кюрия ядрами углерода. Это были изотопы элемента 102 с массовым числом 253. В том же 1957 г. на линейном ускорителе частиц в Беркли (США), в условиях, аналогичных шведским, изотопы элемента 102 получить не удалось и был сделан вывод о том, что результаты стокгольмской группы ошибочны.

Осенью 1957 г. советский ученый Г. Н. Флеров получил изотопы элемента 102 с массовым числом 253, но не подтвердил данных объединенной шведской группы ученых о других изотопах этого элемента. Несмотря на чрезвычайные экспериментальные трудности, поиски продолжались. Весной 1958 г. группа американских ученых во главе с Сиборгом снова предпринимает опыты по бомбардировке кюрия ядрами углерода и получает изотопы этого элемента с массовым числом 254. И снова продолжают поиски; в начале 1959 г. снова получают изотоп 253. Его характеристика прекрасно совпадает с результатами, полученными Г. Н. Флеровым.

Результаты советских и американских исследователей заставили участников объединенной шведской группы критически отнестись к своим данным, опубликованным ранее.



Замечательно в этом синтезе то, что две группы ученых осуществили создание нового элемента не только независимо друг от друга, но применяя и различные материалы для его получения. Одинаковым был только метод синтеза — «атомная алхимия», т. е. превращение атомов одного элемента в атомы другого, путем обстрела мишеней, специальными атомными «снарядами», — ядрами или ионами других атомов.

В работах интернациональной группы ученых мишень представляла собой тончайший золотой листочек, на который электрохимическим способом было нанесено совершенно невидимое покрытие из кюрия. «Снарядами» же были ионы углерода.

У советской группы ученых, возглавляемой Г. Н. Флеоровым, мишенью явился невидимый слой плутония. «Снарядами» служили ионы кислорода. В результате обстрела мишеней разными снарядами был получен один и тот же элемент, которому есть место в таблице Менделеева под номером 102.

Остался пока открытым вопрос о названии этого элемента: Нобелий? Московий? или, в нарушение традиций, — пацификум: «Народам — мир»? Покажет время!

Возможно, что новый элемент никогда не будет получен в весомых количествах, может быть, что он никогда не найдет практического применения. Можно, однако, утверждать, что получение нового элемента является новым подтверждением плодотворности идей Д. И. Менделеева, считавшего, что у каждого научного исследования есть в конечном итоге две цели: предвидение и польза. Открытый им закон на протяжении почти ста лет приносит неограниченную пользу в различных областях науки, широко распахивая занавес над неизвестным.

* * *

Будут ли получены на Земле или открыты во Вселенной новые химические элементы? — спросит читатель. Строить такие прогнозы или обсуждать существующие мнения — не входит в задачу авторов, хотя и можно заметить по этому вопросу, что согласно проведенным расчетам, устойчивость ядер тяжелых атомов уменьшается по мере возрастания отношения: $\frac{Z^2}{A}$ где Z — порядковый

номер атома и A — его массовое число. Предельное (критическое) значение этого отношения, при котором ядро становится неустойчивым, близко к 40, что соответствует элементу с атомным номером 100. Очевидно, что атомы с еще более высокими номерами будут еще более неустойчивыми.

Рассказав, насколько удачно — пусть судит читатель, об известных в настоящее время ста двух элементах*, нам хочется ответить на поставленный выше вопрос следующими словами творца периодической системы, сказанными им в 1905 г. по адресу своего детища: «...периодическому закону будущее грозит не разрушением, а только надстойки и развитие быть обещаются».

* К тому времени, когда был сделан набор нашей книги, на страницах газет и популярных журналов появилась заметка: «Внимание! Открыт 103-й элемент!» В лаборатории имени Лоуренса Калифорнийского университета этот элемент был получен бомбардировкой калифорния ядрами атома бора. Сообщают, что атомный вес «поворожденного» равен 275, период полураспада около 8 секунд и предполагают дать имя «лоуренсий». Знак вопроса в названии книги оправдан!!



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие ко второму изданию	5
К читателю	7
Великий закон русского химика	9
Строение атома	28
Атомы сами сигнализируют о своем присутствии	36
Кирпича мироздания	43
1. Водород. Из огня рождающий воду	49
2. Гелий. Его нашли на Солнце	56
3. Литий. Легчайший металл	59
4. Бериллий. Металл сладкой «земли»	63
5. Бор. Без него не цветут растения	65
6. Углерод. Миллионер.	81
7. Азот. Без него нет жизни	87
8. Кислород. Самый распространенный	92
9. Фтор. Разрушающий	97
10. Неон. Новый среди старых	98
11. Натрий. Плавающийся... в воде	102
12. Магний. Металл, сгорающий в пламени спички	105
13. Алюминий. Металл социализма	105
14. Кремний. Основа неживой природы	110
15. Фосфор. Светоносец	118
16. Сера. Желчь бога Вулкана	124
17. Хлор. Убийца, спрятавшийся в солонке	131
18. Аргон. Торжество третьего знака	130
19. Калий. Элемент плодородия	138
20. Кальций. Он есть в зданиях и... костях	140
21. Скандий. Второй свидетель гения Менделеева.	143
22. Титан. Будущий титан	145
23. Ванадий. Автомобильный металл	147
24. Хром. Самый твердый металл	150
25. Марганец. Верный спутник стали и чугуна	152
26. Железо. Где кровь, там и железо	154
27. Кобальт. Металл чудесных сплавов	160

28. Никель. Ложная медь	162
29. Медь. Один из древнейших и полезнейших	165
30. Цинк. Утраченный и вновь найденный	171
31. Галлий. Первый свидетель гения Менделеева	173
32. Германий. Триумф периодической системы	175
33. Мышьяк. «Мыший» яд	179
34. Селен. «Лунный» элемент»	183
35. Бром. Элемент фотоискусства	185
36. Криптон. Скрытый» газ	186
37. Рубидий. Темно-красный недотрога	188
38. Стронций. Участник фейерверков	189
39. Иттрий. Давно известный, но неприменяемый	192
40. Цирконий. Металл техники высоких температур	193
41. Ниобий. Ниобея или Колумб?	196
42. Молибден. Секрет самурайских мечей	197
43. Технеций. Первый искусственно созданный	200
44. Рутений. Спутник платины	202
45. Родий. Еще один спутник платины	204
46. Палладий. Предупредитель угара	205
47. Серебро. Тайна болезни воинов Александра Македонского	208
48. Кадмий. «Пожиратель» нейтронов	215
49. Индий. Какое зеркало лучше?	217
50. Олово. Металл, болеющий... чумой	219
51. Сурьма. Ошибка игумена Штальгаузенского монастыря	222
52. Теллур. Парадоксальное золото	224
53. Йод. Предупредитель болезней	226
54. Ксенон. Один из «благородных»	228
55. Цезий. Металл, который можно было бы расплавить на ладони	230
56. Барий. Помощник врачей	232
57. Лантан. «Родоначальник» большого семейства	233
58. Церий. В память успеха астрономии	238
59. Празеодим. Зеленый близнец	241
60. Неодим. Новый близнец	242
61. Прометий. Во имя мира	243
62. Самарий. Слово знакомого звучания	245
63. Европий. Легчайший из лантанидов	247
64. Гадолиний. В честь финского химика	249
65. Тербий. Младший «брат».	251
66. Диспрозий. Труднодоступный	251
67. Гольмий. Неприменяемый	252
68. Эрбий. Средний «брат»	253
69. Тулий. В честь Скандинавского полуострова	253
70. Иттербий. Старший «брат»	255
71. Лютеций или кассиопей. Последний член семейства лантанидов	256
72. Гафний. Спутник циркония	256
73. Тантал. Металл хирургов	257
74. Вольфрам. Самый тугоплавкий металл	260
75. Рений. Находка в «пустой» земле	263
76. Осмий. Металл - тяжеловес	265
77. Иридий. Хранитель парижского меридиана	267

78. Платина. Металл химических лабораторий	270
79. Золото. Царь металлов	275
80. Ртуть. Серебряная вода	282
81. Таллий. «Зеленая ветвь»	284
82. Свинец. Еще один из древних	287
83. Висмут. Металл легкоплавких сплавов	290
84. Полоний. В честь Польши	293
85. Астатин. Неустойчивый	294
86. Радон. Газ тяжеловес	295
87. Франций. Один из недолговечных	297
88. Радий. Геннальное открытие супругов Кюри	298
89. Актиний. Бесперспективный элемент	304
90. Торий. Элемент, переживающий вторую молодость	305
91. Протактиний. «Предок» актиния	307
92. Уран. Воплощение надежд и тревог	308
93. Нептуний. Еще один экскурс в историю астрономии	315
94. Плутоний. Ядерное горючее	317
95. Америций. В честь Америки	319
96. Кюрий. В память о подвиге супругов Кюри	320
97. 98. Берклий и калифорний. Год их рождения — 1950-й	321
99 и 100. Эйнштейний и фермий. В земной коре их нет...	322
101. Менделеевий. В честь русского гения	323
102. Нобелий? Будет ли он признан как иобелий?	325

Петр Рейнгольдович Таубе
Евгений Иванович Руденко

От водорода до ... нобелия?

Редактор *Е. И. Захарикова*
Художественный редактор *Н. Л. Кузнецова*
Технический редактор *Л. Л. Ежова*
Корректор *Н. В. Гераськина*
Художественное оформление *Л. М. Чернышова*

Сдано в набор 5/VI-1961 г. Подписано в печать 23/X-1961 г.
Бумага 84×108¹/₃₂. 10,375 печ. л. 17,02 усл. печ. л. 16,6 уч. изд. л.
Тираж 50 000 экз. Т-11447. Цена 60 коп. Изд. № ФМХ-50.
Заказ № 1885

Государственное издательство «Высшая школа»,
Москва Б-62, Подсосенский пер., 20. '

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Московского городского совнархоза.
Москва, Ж-51, Валуевая, 28.