

С. И. Венецкий
О редких и рассеянных
Рассказы о металлах

Рецензент проф. докт. техн. наук В. М. Розенберг
Оформление и рисунки художника А. В. КОЛЛИ
Редактор издательства М. Р. ЛАНОВСКАЯ
Художественный редактор А. И. ГОФШТЕЙН
Технический редактор В. А. ЛЫКОВА
Корректоры Ф. Б. ЦАЛКИНА, Л. М. ЗИНЧЕНКО
©Издательство «Металлургия», 1980

В научно-популярной форме автор рассказывает об истории открытия, свойствах и применении важнейших редких (в том числе и рассеянных) металлов.

Книга предназначена для самого широкого круга читателей: студентов, преподавателей, учащихся, специалистов — всех интересующихся историей и развитием металлургии, химии, материаловедения.

ВЫ ПРОЧТЕТЕ:

— о кладах, рождающихся в наши дни, и о черной записной книжке — свидетельнице великого научного подвига;

— об обещанной Наполеоном огромной премии, которую никто так и не получил, и о том, как старые отвалы пустой породы оказались поистине бесценными;

— о странном газетном объявлении, сыгравшем роковую роль в судьбе английского химика, и о тайне красных огней, тщательно скрываемой бенгальскими жрецами;

— об элементе, исчезнувшем на нашей планете подобно динозаврам, и неизвестных пока сплавах, предсказанных ЭВМ;

— о пропаже, которую вряд ли отыскал бы Шерлок Холмс, и о диагнозе, поставленном Агатой Кристи;

— о том, как удалось определить возраст древних горных пород, и о маленькой шведской деревушке, которой могут позавидовать крупные государства;

— о металлах и сплавах, «командированных» в космос для проведения важных экспериментов, и об «усах», вошедших в моду;

— о строгой ревизии, благодаря которой был открыт новый химический элемент, и о металлическом облаке над Колумбией;

— о большой «обиде», нанесенной благородному металлу его «крестным отцом», и красивых «визитных карточках» элементов;

— о помощи, которую оказывают некоторые металлы криминалистам, и о многом-многом другом.

ОБ ЭТОЙ КНИГЕ

Мы живем в удивительное время: на наших глазах человек проложил первые дороги в космос, овладел энергией атомного ядра, создал «мыслящие» машины, проник в тайны живой клетки.

Новые области науки и техники необычайно интересны. Но есть такая сфера человеческой деятельности, которая хоть и стара, как мир, однако ничуть не менее интересна, чем космонавтика или ядерная физика, кибернетика или микробиология. Я имею в виду металлургию — производство и обработку металлов, получение разнообразных сплавов.

Когда-то, на заре цивилизации, люди были знакомы лишь с несколькими металлами. Проходили столетия, становились известными все новые и новые элементы. Постепенно расширялся и круг металлов, используемых человеком. Одним металлам удалось довольно быстро завоевать признание ученых и инженеров, другие — долгие годы не находили применения. Это «безделье» объяснялось вполне уважительными причинами. Во-первых, содержание многих металлов в земной коре весьма мало и добыть их чрезвычайно трудно; некоторые из них вообще не имеют собственных минералов и встречаются в природе только в виде примесей к другим металлам (такие «распыленные» по свету элементы относятся к группе рассеянных). Во-вторых, наука до поры до времени располагала скудной информацией о большинстве металлов. А поскольку они были редкими гостями в промышленном мире, за ними и закрепилось название редких.

XX век ознаменовался бурным развитием техники. Приборостроению и химической промышленности, авиации и ракетостроению, электронике и ядерной энергетике потребовались совершенно новые материалы с уникальными свойствами. Взоры ученых обратились к редким металлам. Тщательное изучение этих «отшельников» показало, что многие из них обладают недюжинными способностями. Тогда-то и началось наступление редких металлов «по всему фронту».

Сейчас уже, пожалуй, нет такой области новой техники, где бы в той или иной степени не применялись редкие металлы, их сплавы или разнообразные соединения. Так, из сплавов рения изготавливают торсионы —

тончайшие и вместе с тем необычайно прочные металлические нити, необходимые для сверхточных навигационных приборов. Галлий используют для создания так называемых жидких затворов в вакуумных аппаратах, для изготовления высокотемпературных термометров и манометров. «Главное действующее лицо» фотоэлементов дефектоскопов и других приборов — цезий. Гафний известен как материал для регулирующих стержней ядерных реакторов: перспективно применение этого металла в производстве жаропрочных сплавов для авиации и ракетной техники. Тонкий слой индия, нанесенный на подшипники, предохраняет их от эрозии и тем самым в несколько раз увеличивает срок службы. Таких примеров можно привести множество.

Некоторым редким металлам (в том числе и тем из них, которые относятся к рассеянным элементам) посвящена эта книга. Ее можно рассматривать как продолжение книги С. И. Венецкого «Рассказы о металлах» (3-е издание выпущено издательством «Металлургия» в 1978 г.).

Так же, как в своей предыдущей книге, автор не стремится сообщить читателю сколько-нибудь систематические сведения о каждом из описываемых химических элементов. Биографии редких металлов содержат немало любопытных фактов, занимательных историй, курьезных событий. Познакомить читателя с ними, рассказать о трудных путях, которыми шли ученые к важным открытиям, поведать о тех нехоженых тропках, каких еще много в удивительном мире металлов, — цель данной книги.

Книга густо «заселена» реальными и вымышленными персонажами. На ее страницах, наряду с видными учеными разных стран, упоминаются Наполеон и Агата Кристи, Карел Чапек и Шерлок Холмс, старик Хоттабыч и Акакий Акакиевич. Но занимательные сюжеты — это только фон, на котором автор знакомит читателя с достижениями металлургии, физики, химии, с успехами техники и технологии производства металлов, с новыми процессами, материалами, приборами. Совсем недавно на борту научной орбитальной станции «Салют-6» проводилась серия экспериментов по космическому материаловедению, но и они уже отражены на страницах книги.

Не один крупный ученый или инженер делал свои первые шаги к вершинам науки и техники под впечатлением интересных научно-популярных книг. Убежден, что и книга «О редких и рассеянных» поможет многим юношам и девушкам найти ответ на едва ли не самый главный для них вопрос: «Кем быть?».

Академик, лауреат Ленинской и Государственных премий, Герой Социалистического Труда
А. Ф. БЕЛОВ



ТРИУМФ ВЕЛИКОГО ЗАКОНА (ГАЛЛИЙ)

Не торопитесь с выводами! — Первая ласточка. — Ирония судьбы. — Фиолетовая незнакомка. — Франция или петух? — Спор ученых. — Разные судьбы. — «Дискриминации» не место. — Бедный родственник. — Богатства хранятся в... отходах. — Галлий на ладони. — Пожар не состоится. — Лампы становятся лучше. — Большой оригинал. — Вне всякой конкуренции. — «Не по-товарищески». — Незаурядные способности. — «Не лыком шиты». — По законам невесомости. — Почему светит Солнце?

Когда в марте 1869 года Д. И. Менделеев поведал миру о том, что им открыт периодический закон, которому неукоснительно подчиняются все химические элементы, кое-кто из ученых встретил это сообщение в штыки. Даже признанный корифей науки, каким по праву считался один из создателей спектрального анализа немецкий химик Роберт Бунзен, поспешил язвительно заметить: «Такого рода обобщений можно составить сколько угодно из цифровых данных, помещенных в биржевом листке».

Впоследствии Бунзен не раз, видимо, жалел о своем скором суждении, но в то время Менделееву еще предстояло доказать свою правоту, и ученый с триумфом сумел это сделать. Величие периодического закона заключалось в том, что он не только обобщал уже известные науке сведения о химических элементах и устанавливал для них строгий порядок, но и служил своеобразным компасом для многотысячной армии экспериментаторов, пытавшихся отыскать в безбрежном море химии неизвестные острова — новые элементы, новые кирпичики мироздания. Гений Менделеева сумел предвидеть открытие более чем десятка элементов.

Первой ласточкой, принесшей весть о правоте великого химика, суждено было стать галлию.

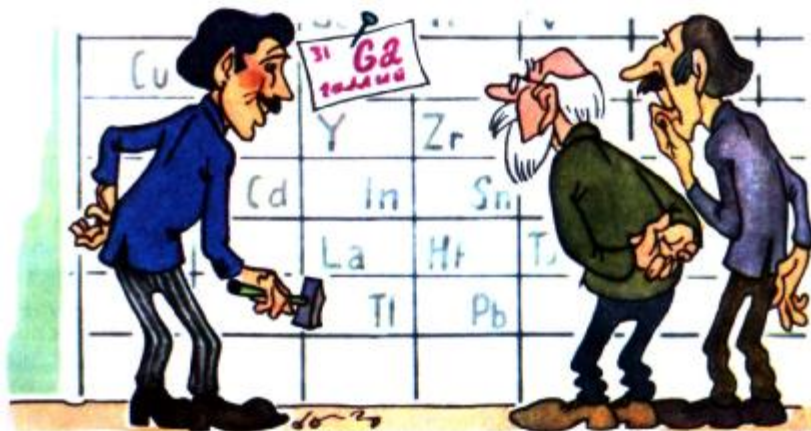
В конце 1870 года, выступая на заседании Русского физико-химического общества, Д. И. Менделеев сказал, в частности, что в пятом ряду третьей группы должен находиться пока еще не открытый, но безусловно существующий в природе элемент. При этом Менделеев очень подробно описал свойства «эка-алюминия» (так ученый условно назвал этот элемент, поскольку в таблице ему отводилось место под алюминием) и даже высказал уверенность, «что он будет открыт спектральным исследованием». (Ирония судьбы: мог ли Бунзен предположить, что разработанный им спектральный анализ сыграет с ним горькую шутку — неопровержимо докажет ошибочность его скоропалительной оценки периодического закона?)

Ждать пришлось сравнительно недолго. В 1875 году французский химик Поль Эмиль Лекок де Буабодран, исследуя спектроскопическим путем цинковую обманку — хорошо известный минерал, привезенный из местечка Пьерфитт в Пиренеях, обнаружил фиолетовую незнакомку — новую спектральную линию, свидетельствующую о том, что в минерале присутствует неизвестный химический элемент.

Но увидеть новую линию — это лишь полдела, теперь предстояло выделить из минерала виновника ее появления в спектре. Задача была не из легких, так как содержание искомого элемента в цинковой обманке оказалось крайне незначительным. Все же химику сопутствовал успех: после многочисленных опытов ему

удалось получить крупицу нового металла — всего 0,1 грамма.

Итак, трудности позади, а на повестке дня стоял уже следующий вопрос: пользуясь почетным правом первооткрывателя, Лекок де Буабодран должен был дать «новорожденному» имя. В честь своей родины ученый решил назвать его «галлием» (Галлия — латинское название Франции). Правда, злые языки вскоре стали поговаривать, что в этом слове химик хитро зашифровал намек на свою фамилию: ведь «галлус» — по-латыни «петух», по-французски же петух — «ле кок», ну, а отсюда до Лекока де Буабодрана, как говорится, рукой подать.



Вскоре сообщение об открытии галлия было опубликовано в докладе французской Академии наук. Когда Д. И. Менделеев ознакомился с ним, он сразу понял, что речь идет о том самом эка-алюминии, которому уже было уготовано место в его таблице элементов. В письме, адресованном французской Академии наук, Менделеев сообщал: «...способ открытия и выделения, а также немногие описанные свойства заставляют предполагать, что металл — не что иное, как эка-алюминии».

В самом деле, свойства теоретического эка-алюминия и реального галлия удивительно совпадали. Расхождение оказалось лишь в плотности: по мнению Менделеева, она должна была составлять около 6 г/см^3 , а Лекок де Буабодран указывал другое значение — 4,7. Так кто же прав? Тот, кто никогда даже не видел этот металл, или тот, кто не только держал его в руках, но и проводил с ним различные исследования? Не впервые в истории науки теория сталкивалась с практикой, мысль спорила с экспериментом.

Чтобы доказать точность своих первоначальных данных, Лекок де Буабодран снова выделил крупинки галлия, тщательно очистил их и подверг скрупулезному исследованию. И что же выяснилось? Плотность галлия действительно была близка к 6. Французский химик публично признал правоту своего русского коллеги. «Не нужно, я думаю, указывать на исключительное значение, которое имеет плотность нового элемента для подтверждения теоретических выводов Менделеева», — писал тогда первооткрыватель галлия.

Судьбы многих металлов довольно сходны. Но ведь и среди сотни знакомых вы не найдете двух людей, чьи жизненные пути полностью бы совпадали, не правда ли? То же самое можно сказать и о металлах. Даже у таких близнецов, как, например, цирконий и гафний или тантал и ниобий, биографии оказались совершенно разными. Однако начальная пора в жизни большинства металлов протекала одинаково скучно: они терпеливо ждали того часа, когда для них найдется, наконец, хоть какая-нибудь работа. Некоторым элементам повезло, и спустя несколько лет после открытия они уже вели бурную деятельность; для других период ожидания затянулся надолго. Одним из неудачников оказался галлий.

Прошло более полувека после того, как Лекок де Буабодран известил коллег, что обнаружил новый металл, но промышленный мир не обращал на него ни малейшего внимания. В 1929 году вышел 14-й том Большой Советской Энциклопедии (1-е издание), в котором «использованию» галлия отведено всего четыре слова: «В технике не применяется». И точка.

Чем же объяснялась такая дискриминация? Неужели металл, сыгравший столь блистательную роль в утверждении периодического закона, оказался больше ни на что не пригодным? Неужели его миссия заключается только в том, чтобы бесполезно заполнять 31-ю клетку таблицы элементов? Неужели он не обладает ни одним свойством, способным заинтересовать конструкторов, изобретателей, ученых?"

Нет, дело тут не в свойствах галлия, которые, кстати сказать, весьма любопытны и оригинальны (вы в этом вскоре убедитесь). Так, может быть, в природе слишком мало этого элемента и отсюда все его беды? Но и на природу жаловаться грех: галлия в земной коре содержится в десятки раз больше, чем, например, тантала или вольфрама, в сотни раз больше, чем ртути или серебра.

Все дело в том, что, подобно некоторым другим так называемым рассеянными элементам, галлий «не



позаботился» о создании собственных месторождений. Более того, он практически не имеет «персональных» минералов. Лишь сравнительно недавно в юго-восточной части Африки был обнаружен первый галлиевый минерал, который и получил название галлит. В нем содержится почти 37% галлия. Обычно же этот элемент в едва заметных количествах (сотые доли процента) пристраивается как бедный родственник главным образом к алюминию, реже — к железу, цинку, меди и другим металлам. Как выяснилось, сравнительно богата галлием зола каменных углей. Английские ученые подсчитали, что каждая тонна угля, добытого на Британских островах, содержит в среднем 5 граммов галлия. Всего-то? Но даже такая, казалось бы, ничтожная концентрация этого элемента считается вполне достаточной для его промышленного извлечения. (Все в мире относительно: железную руду, на тонну которой приходится 300—400 килограммов железа, принято называть бедной.) Зато и масштабы производства галлия, прямо скажем, невелики. Первые 50 килограммов этого металла получили в Германии в 1932 году. Спустя примерно четверть века производство галлия возросло лишь до 350 килограммов. И хотя сегодня счет идет на тонны, даже такой редчайший металл, как рений, которого в земной коре содержится в десятки тысяч раз меньше, чем галлия, по объему производства оставил его далеко позади.

Главным источником получения галлия служат... отходы алюминиевого производства. Но не торопитесь делать вывод, что галлий — дешевый металл. Хотя на сырье и не приходится тратить, сам процесс извлечения галлия настолько сложен (чего стоит, например, хотя бы отделение его от алюминия!), что он оказывается одним из самых дорогих металлов на мировом рынке. В середине 50-х годов 1 килограмм галлия стоил 3000 долларов — почти в три раза дороже золота! Подумать только: небольшой слиточек металла, вполне уместающийся на ладони, — и такая солидная сумма!..



Впрочем, как раз на ладони-то мы бы не советовали держать галлий, и вовсе не потому, что ладонь — не очень надежное хранилище для ценнейшего металла. Есть другая причина: тепла человеческого тела достаточно, чтобы этот серебристый мягкий (его можно резать ножом) металл превратился в жидкость. Температура плавления его необычайно низка — всего 29,8°C. В этом отношении он уступает только игривой ртути, которую способен утихомирить лишь сорокаградусный мороз, и чуть-чуть — цезию, плавящемуся при 28,5°C. Галлий не стоит брать в руки еще и потому, что он довольно токсичен (токсичнее ртути) — и общение с ним может привести к не очень приятным последствиям.

Благодаря низкой температуре плавления галлий — основной компонент многих легкоплавких сплавов. Создан, например, сплав галлия (67%) с индием (20,5%) и оловом (12,5%), который даже при комнатной температуре не может остаться твердым: он плавится при 10,6 °C. Такие сплавы широко используют в технике, в частности в устройствах пожарной сигнализации. Стоит воздуху в помещении слегка нагреться, как столбик галлиевого сплава, вмонтированный в реле, начинает таять — жидкий металл замыкает электрические контакты и звуковой или световой сигнал возвещает об опасности. Такой прибор надежнее любого вахтера.

Легкоплавкие галлиевые сплавы (как и сам галлий) обладают еще и способностью хорошо смачивать твердые материалы, благодаря чему их успешно применяют вместо ртути для создания жидких затворов в вакуумной аппаратуре. Галлиевые затворы надежнее сохраняют вакуум, чем ртутные.

Сплавы галлия с индием и оловом служат в качестве смазок и прокладок при соединении деталей из кварца, стекла и керамики, для склеивания этих материалов под давлением. Галлийиндиевый сплав, нанесенный на поверхность подшипников, заметно продлевает срок их службы. Мы уже говорили, что галлий весьма токсичен, однако в компании с никелем и кобальтом он не проявляет свой ядовитый характер; из сплава этих элементов зубные врачи изготавливают пломбы высокого качества.

В медицине широко применяют лампы ультрафиолетового излучения, катоды которых раньше обычно делали из ртути. Сплав алюминия с галлием лучше ртути справляется с этой работой: излучаемый лампами свет богаче целебными лучами.

Большинство металлов плавится и застывает при одной и той же температуре. Уникальное свойство галлия — его «умение» длительное время (многие месяцы!) не затвердевать в переохлажденном состоянии.

Так, если капельку его вылить на лед, галлий еще долго будет оставаться в расплавленном виде. Зато, когда он все же затвердеет, объем металла заметно возрастет, поэтому нельзя заполнять жидким галлием металлические или керамические сосуды — они разорвутся при затвердевании металла. Обычно его хранят либо в небольших желатиновых капсулах, либо в резиновых баллончиках. Эту характерную черту галлия (все прочие металлы, кроме сурьмы и висмута, как известно, при переходе из жидкого состояния в твердое «худеют») предложено использовать в установках для получения сверхвысоких давлений.

Главное же достоинство галлия в том, что он остается жидким в огромном интервале температур, значительно большем, чем у любого другого легкоплавкого металла. Расплавленный галлий начинает кипеть лишь после того, как температура достигнет 2230 °С. Именно эта поистине удивительная способность галлия предопределила его важнейшее амплуа в технике — изготовление высокотемпературных термометров и манометров. Галлиевые термометры позволяют измерять такую высокую температуру (более 1000 °С), при которой ртутным термометрам, как говорится, нечего делать: ведь ртуть закипает уже при 357 °С.

Легкоплавкость в сочетании с широким интервалом существования расплава делают галлий потенциальным теплоносителем для атомных реакторов. Однако жидкий галлий ведет себя явно не товарищески по отношению к тем конструкционным материалам, которые могли бы окружать его в реакторе: при повышенных температурах он растворяет и тем самым разрушает большинство металлов и сплавов. Агрессивность мешает галлию занять ответственный пост теплоносителя (в этой роли сейчас обычно выступают натрий и калий). Но, возможно, ученым удастся найти на него управу: так, уже установлено, что тантал и вольфрам легко переносят контакт с галлием даже при 1000°С. Любопытно, что небольшие (до 5%) добавки «едкого» галлия к магнию повышают его антикоррозионные свойства, а заодно и прочность.

Интересна еще одна особенность галлия: величина электрического сопротивления его кристаллов сильно зависит от того, вдоль какой их оси (т. е. в продольном или поперечном направлении) проходит ток; отношение максимума сопротивления к минимуму равно 7 — больше, чем у любого другого металла. То же самое можно сказать и о коэффициенте теплового расширения, который изменяется в зависимости от направления тока почти втрое.

Незаурядные способности галлия хорошо отражать световые лучи позволили ему не без успеха попробовать свои силы в производстве зеркал, причем галлиевые зеркала не тускнеют даже при повышенных температурах. Окись этого металла необходима для получения специальных стекол, обладающих большим коэффициентом преломления, хорошо пропускающих инфракрасные лучи.

Сверхчистый галлий (не менее 99,999%) применяют как легирующую присадку к германию и кремнию для повышения их полупроводниковых свойств. А не так давно галлий доказал, что он и сам в этом отношении «не лыком шит»: у некоторых его соединений — с сурьмой, фосфором и особенно с мышьяком — обнаружили явные полупроводниковые наклонности.

Особенно ярко они проявились при создании так называемых гетерпереходов, обеспечивающих высокие рабочие характеристики полупроводниковых приборов. Гетерпереход — это содружество двух различных по химическому составу полупроводников, которые сращены в монокристалле. Теоретически ученые уже давно сумели доказать, что такое совместное «проживание под одной крышей» сулит полупроводниковой технике интересные перспективы. Однако подобрать подходящую пару оказалось архитрудной задачей. Исследователи перепробовали десятки различных сочетаний, но все они были далеки от идеала, а часто вещества откровенно демонстрировали свою несовместимость. Ученым пришла в голову мысль испытать в качестве партнеров арсенид галлия и арсенид алюминия: их кристаллические решетки похожи, как две капли воды, а это не могло не обнадеживать. Но неожиданно на пути вырос новый барьер — арсенид алюминия был настолько неустойчив, что во влажной атмосфере разлагался буквально на глазах.

Неужели снова неудача? Спас положение галлий. Атомы его, введенные в арсенид алюминия, придавали тому нужную устойчивость. Проблема была решена — техника обогатилась множеством новых совершенных приборов. Коллективу ученых, создавших чудо-кристаллы, в 1972 году была присуждена Ленинская премия.

Сфера деятельности химических соединений галлия постоянно расширяется. Их можно встретить сегодня, в вычислительных устройствах и радарных установках, термоэлементах для солнечных батарей и полупроводниковых приборах ракетной техники. Они участвуют в изготовлении лазеров, создании люминесцентных (светящихся) веществ, оказывают сильное каталическое воздействие на многие важные процессы органической химии.

Еще недавно «гиперболоид инженера Гарина» (а точнее, писателя Алексея Толстого) казался несбыточной фантазией, а сегодня современные «гиперболоиды» — лазеры — прочно вошли в жизнь. Одним из первых лазерных материалов стал арсенид галлия. По зарубежным данным, лазеры на арсениде галлия — простые, эффективные, компактные — предполагалось использовать в космической технике, в частности для



связи между космонавтом, вышедшим в открытое пространство, и космическим кораблем или между двумя станциями, находящимися на околоземных орбитах. Намечалось также применить такой лазер для ориентации корабля при посадке на Луну.

Космическая невесомость создает неповторимые условия для проведения различных технологических операций. Интересные опыты по выращиванию полупроводникового кристалла арсенида галлия проведены на американской космической станции «Скайлэб». Если в земных условиях не удастся вырастить кристаллы этого вещества размером более 2—3 миллиметров, то в невесомости получен отличный кристалл-великан длиной около 25 миллиметров. Подобные эксперименты в космосе успешно прошли и на борту советской научно-исследовательской станции «Салют-6». Кроме того, наши космонавты провели на установке «Сплав» опыты по получению слитка, состоящего из молибдена и галлия. Дело в том, что молибден почти вдвое тяжелее галлия и в обычных условиях эти металлы не могут равномерно перемешиваться: при застывании слитка верхние его слои оказываются богатыми галлием, а нижние — молибденом. В космосе же царит невесомость, и перед ее законами молибден и галлий равны, поэтому слиток получается равномерным по составу.

Вполне вероятно, что именно галлий поможет ученым ответить на вопрос, почему... светит Солнце. Да, не удивляйтесь: ведь до сих пор наука располагает лишь гипотезами о природе колоссальной энергии, миллиарды лет непрерывно излучаемой Солнцем. Одна из самых распространенных и авторитетных гипотез утверждает, что в недрах небесного светила постоянно идут процессы термоядерного синтеза. Но как это доказать?

Самыми убедительными, хотя и косвенными уликами могли бы стать нейтрино — частицы, которые образуются при термоядерных реакциях. Но вот беда: приобщить к делу эти улики необычайно трудно. Даже сам Вольфганг Паули — швейцарский физик, еще в 1933 году теоретически предсказавший существование нейтрино, полагал, что никто не сможет экспериментально подтвердить наличие этих частиц, так как они не имеют ни массы, ни электрического заряда. В то же время нейтрино обладают определенной энергией и огромной проникающей способностью. Высвобождаясь в ядре Солнца, они беспрепятственно проходят через толщу солнечного вещества и колоссальным потоком низвергаются на Землю (как, разумеется, и на другие небесные тела). Ученые считают, что на каждый квадратный сантиметр поверхности нашей планеты каждую секунду обрушивается свыше 60 миллиардов нейтрино. Однако зарегистрировать их крайне сложно: через любое вещество они проходят, словно сквозь пустоту. И все же физики нашли некоторые материалы, в которых нейтрино оставляют следы. Так, ядро атома хлора с атомной массой 37, поглощая нейтрино, испускает электрон и превращается в атом аргона с той же атомной массой. Эта реакция эффективно протекает лишь с участием нейтрино, обладающих большой энергией. Но доля таких частиц в нейтринном солнечном потоке чрезвычайно мала (менее одной десятичной). Вот почему для экспериментов, связанных с поисками «неуловимых», нужны поистине стерильные условия.

Попытка создать такие условия была предпринята в США. Чтобы по возможности устранить влияние других космических частиц, громадную цистерну с перхлорэтиленом (эту жидкость обычно применяют при химчистке) физики упрятали под землю на глубину около полутора километров, воспользовавшись для этого заброшенным золотым рудником в штате Южная Дакота. Согласно теоретическим расчетам, каждые двое суток в цистерне три атома хлора-37 должны были превращаться в атомы аргона-37, причем считалось, что два таких превращения произойдут «по вине» нейтрино, а третье — под действием других излучений, ухитряющихся проникнуть даже через полуторакилометровую толщу земли. Увы, обнаружить удавалось лишь один из трех атомов аргона-37, а это скорее всего означало, что посланники Солнца тут ни при чем.

Так что же: нейтрино не поступают на Землю и, следовательно гипотеза о термоядерном происхождении солнечной энергии неверна? Советские физики полагают, что указанные эксперименты еще не дают основания отказываться от сложившихся представлений о Солнце как о гигантском термоядерном реакторе. Видимо, подобные опыты требуют еще большей точности. Кроме того, теория говорит о том, что Солнце посылает на Землю большие потоки нейтрино с относительно низкой энергией, для фиксации которых хлор-аргоновый метод попросту непригоден. Вот тут на помощь и должен прийти герой нашего повествования — галлий. Оказалось, что он может служить отличной мишенью (или, как говорят физики, детектором) для нейтрино с малой энергией: ядра изотопа галлия-71 охотно поглощают эти частицы и превращаются в ядра германия-71. Определив число образовавшихся в мишени атомов германия-71, ученые смогут измерить поток



солнечных нейтрино. Пока это только теория, но в нашей стране уже создана галлий-германиевая установка, а в горах Северного Кавказа (в Баксанском ущелье) пробита глубокая штольня для нейтринной обсерватории. И хотя для работы установки потребуется не одна тонна галлия, в ходе экспериментов этот довольно дорогой металл практически останется целым и невредимым. Пройдет несколько лет, и галлий, возможно, прольет свет на одну из важнейших проблем современной астрофизики.



«ЗЛОЙ ДЖИН» (РУБИДИЙ)

Если верить Библии. — Древние камни Гренландии. — Помолодевшие Гималаи. — Часы, которые не идут. — Находка в спектре. — Словесный портрет. — Бунзен выпаривает «море». — Четверть века спустя. — «Камера предварительного заключения». — Схватка со льдом. — Вдали от родного ядра. — В борьбе за «трон». — Приятные хлопоты. — На международном рынке. — Смежные профессии. — Куранты бьют вовремя. — Двадцать веков и одна секунда. — Подземные кладовые. — На берегах Камы. — Кто покрасил соль? — В одесских лиманах. — «Берегите мужчин!»

Сколько лет нашей планете? К сожалению, «метрическое свидетельство» о рождении Земли не сохранилось, а сама же она (как и всякая не очень молодая особа) тщательно скрывает свой возраст. Но коли есть загадка, то всегда находятся и желающие ее разгадать. Спор о том, когда в просторах Вселенной образовалась наша «обитель», длится уже много веков. Если верить Библии, это произошло совсем недавно — около шести тысячелетий назад. Согласно же современным научным представлениям, Земля «живет на свете» уже приблизительно 4,5 миллиарда лет (весьма почтенный возраст, не правда ли?).



В роли свидетелей, готовых подтвердить правильность этой точки зрения, выступают древнейшие горные породы планеты. До последнего времени самыми «престарелыми» считались породы, найденные в Африке, в районе Трансвааля: им примерно 3,4—3,5 миллиарда лет. Но в 1966 году молодой новозеландский ученый Вик Макгрегор на западном побережье Гренландии, у входа в Амералик-фьорд, обнаружил породы, которые оказались старше, чем трансваальские, почти на добрых полмиллиарда лет. А установить это удалось с помощью так называемых рубидий-стронциевых «часов». Что же они собой представляют?

Еще в начале нашего века великий английский физик Эрнест Резерфорд предложил для определения возраста минералов и горных пород воспользоваться открытым за несколько лет до этого явлением радиоактивности. Дело в том, что атомы радиоактивных химических элементов, входящих в состав земной материи, постоянно излучают те или иные ядерные частицы, превращаясь в атомы другого элемента. Самое любопытное, что скорость такого превращения не зависит ни от температуры, ни от давления, ни от каких-либо других факторов. Но зато

каждый химический «индивидуум» характеризуется своим периодом полураспада — временем, в течение которого распадается ровно половина имеющегося количества радиоактивного элемента. У одних веществ этот период длится лишь миллионные доли секунды, у других достигает сотен триллионов лет.

Период полураспада одного из «долгожителей» — рубидия-87 (на его долю приходится около 28% природных запасов рубидия) — 48 миллиардов лет. Самопроизвольно испуская электроны, этот изотоп медленно, но верно превращается в стабильный (не подвергающийся дальнейшему распаду) изотоп стронция с тем же массовым числом (87). Поскольку известно обычное соотношение между этим изотопом и его ближайшими «родственниками» (изотопами с массовыми числами 88, 86, 84), нетрудно вычислить, сколько в горной породе «сверхнормативного» стронция-87, т. е. того, который образовался в результате радиоактивного распада рубидия-87. Ну, а определив к тому же количество исходного «сырья», можно подсчитать, как долго длился процесс превращения, т. е. узнать возраст горной породы.

Если гренландским горным породам с помощью изотопов рубидия и стронция удалось доказать свою глубокую древность, то самые высокие горы нашей планеты — Гималаи — благодаря этой же паре химических элементов смогли убедить научный мир в том, что они значительно моложе, чем предполагалось до последнего времени. Так, долгое время считалось, что горные массивы Центральной Азии образовались сотни миллионов лет назад. Сравнительно недавно японские ученые, воспользовавшись рубидий-стронциевыми «часами», тщательно исследовали образцы гималайских пород и установили ошибочность существовавшей точки зрения. Ученые пришли к выводу, что этот район земного шара дважды подвергался сильнейшим геологическим сжатиям. Первое сжатие, в результате которого сформировалась базовая структура (или, иначе говоря, своего рода фундамент) Гималаев, произошло 450—500 миллионов лет назад, а второе, благодаря которому на этом фундаменте были воздвигнуты высочайшие горы Земли, — всего каких-нибудь 15 миллионов лет назад.

Существуют и другие подобные методы — радиоуглеродный, уран-гелиевый, уран-свинцовый, калий-аргоновый и т. д., но для весьма солидных промежутков времени, пожалуй, самыми подходящими являются

рубидий-стронциевые "часы".

Итак, рубидий помогает установить примерный возраст Земли. А как давно он сам известен человеку? На этот вопрос можно дать предельно точный ответ.



Рождение рубидия состоялось в 1861 году. Это событие не ускользнуло от пытливого взгляда двух замечательных немецких ученых — химика Роберта Бунзена и физика Густава Кирхгофа, разработавших в 1859 году спектральный метод анализа веществ, с помощью которого спустя год им удалось открыть цезий. Продолжая исследовать различные минералы, они обнаружили в спектре саксонского лепидолита две неизвестные ранее темно-красные линии. Так сигнализировал о своем появлении на свет новый элемент, который и был назван рубидием, что в переводе с латинского означает «красный». Это дает рубидию основание считать себя почти однофамильцем рубина — известного драгоценного камня. Но если рубин и впрямь красный, то о рубидии этого не скажешь: как и большинство металлов, он серебристо-белого цвета. Рубидий очень легкий (легче магния) и очень мягкий (как воск) металл. Ему явно противопоказано пребывание в жарких местах нашей планеты: температура плавления рубидия всего 38,9 °С, поэтому под палящими лучами южного солнца он может буквально растаять на глазах. Чтобы закончить словесный портрет рубидия, укажем еще одну особую примету: пары его соединений придают пламени горелки характерный пурпурный оттенок.

Впервые металлический рубидий сумел получить в 1863 году Р. Бунзен. Для этого ему пришлось «свернуть горы», а вернее, выпарить целое «озеро» — более 40 кубометров шварцвальдской минеральной воды, в которой также был обнаружен новорожденный элемент. Но это было только начало. Из упаренного раствора ученый осадил смесь хлороплатинатов калия, цезия и рубидия. Теперь предстояло разделить неразлучную троицу. Воспользовавшись более высокой растворимостью калийных соединений, Бунзен путем многократной фрикционной кристаллизации сначала удалил «с поля» калий. Разделить цезий и рубидий было еще сложнее, но и эту задачу удалось решить. Завершила дело сажа, которая восстановила рубидий из его кислого тартрата (соли винной кислоты).

Спустя четверть века известный русский химик Н. Н. Бекетов предложил другой способ получения металлического рубидия — восстановлением его из гидроксида алюминиевым порошком. Ученый проводил этот процесс в железном цилиндре с газоотводной трубкой, которая соединялась со стеклянным резервуаром-холодильником. Цилиндр подогревался на газовой горелке, и в нем начиналась бурная реакция, сопровождавшаяся выделением водорода и возгонкой рубидия в холодильник. Как писал сам Бекетов, «рубидий гонится постепенно, стекая, как ртуть, и сохраняя даже свой металлический блеск вследствие того, что снаряд во время операции наполнен водородом». В наши дни этот металл «добывают» главным образом из хлорида, воздействуя на него металлическим кальцием в вакууме при 700—800°С.

Как ни сложно выделить чистый рубидий из его соединений, но это только полдела: не меньше хлопот связано с его хранением. «Свежий» металл немедленно запаивают в ампулы из особого стекла, в которых создан вакуум или находится инертный газ. Иногда «камерой предварительного заключения» служат металлические сосуды, заполненные «сухим» (тщательно обезвоженным) керосином или парафиновым маслом. Только при соблюдении этих условий можно



быть уверенным, что «продукт подлежит длительному хранению». Чем же вызваны столь суровые меры «наказания»?

Виной всему—буйный характер пленника. Высвободить его из заточения—все равно, что выпустить злого джина из бутылки. По химической активности рубидий в семье металлов уступает только своему «старшему брату» цезию. Оказавшись на воле, т. е. на воздухе, рубидий тут же воспламеняется и сгорает ярким розовато-фиолетовым пламенем, образуя желтый порошок—надперекись рубидия. Возникший «пожар» нельзя тушить водой: металл реагирует с ней еще более бурно, со взрывом, причем разлученный с кислородом водород немедленно загорается, «подливая масла в огонь». При этом рубидий совершенно не считается с физическим состоянием воды: даже замерзнув и превратившись в лед, она не перестает быть объектом нападок агрессивного металла. Подобно тому как отбойный молоток шахтера врывается в пласт угля, рубидий решительно «вгрызается» в толщу ледяных кристаллов, и только адский мороз (ниже —108 °С) способен утихомирить буйана. Получающаяся при этом гидроокись рубидия тоже старается показать характер: если ее поместить в стеклянную посуду, то от стекла вскоре останутся одни воспоминания. Да и сам рубидий при высоких температурах (300 °С и выше) быстро разрушает стекло, беззастенчиво «выпроваживая» кремний из его окислов и силикатов. Вот почему «смирительные рубашки» (ампулы) для этого металла необходимо делать из специального стекла, способного постоять за себя.

Высокая химическая активность рубидия обусловлена строением его атома. Как и у других щелочных металлов, на его внешней электронной оболочке «проживает» один-единственный валентный электрон, который находится дальше от ядра, чем у лития, натрия или калия, и поэтому по первому требованию поступает в распоряжение атомов других веществ (с большей охотой отдают свой электрон только атомы цезия).

Столь же легко рубидий расстается с электронами «по просьбе» световых лучей. Это явление, называемое фотоэффектом, присуще многим металлам, но рубидий и цезий в этом отношении вне всякой конкуренции. И хотя сегодня в фотоэлементах и других фотоэлектрических устройствах гораздо чаще применяется цезий, признанный «королем фотоэффекта», у рубидия есть неплохие шансы со временем потеснить короля на троне: ведь его в природе примерно в 50 раз больше, чем цезия, дефицит которого рано или поздно сыграет на руку рубидию. К тому же некоторые его сплавы (например, с теллуром) обладают максимальной светочувствительностью в более далекой ультрафиолетовой области спектра, чем аналогичные цезиевые сплавы; в ряде случаев это обстоятельство имеет первостепенное значение при выборе материала фотокатодов.

Другая важная сфера деятельности рубидия — органическая химия, где на долю его солей выпали «приятные хлопоты»: они исполняют обязанности катализаторов. В этом ампула карбонат рубидия впервые выступил еще более полувека назад при получении синтетической нефти. Сегодня без него не обходится синтез метанола и высших спиртов, а также стирола и бутадиена — исходных веществ для производства синтетического каучука. Сравнительно недавно разработаны рубидиевые катализаторы для гидрогенизации, дегидрогенизации, полимеризации и еще некоторых реакций органического синтеза. Весьма важно, что такие катализаторы позволяют вести процесс при более низких параметрах (температуре и давлении), чем в том случае, когда для этой цели используются соединения натрия или калия. Кроме того, к их достоинствам следует отнести пренебрежительное отношение к сере — бичу многих других катализаторов.

Американские химики установили, что тартрат рубидия оказывает каталитическое действие на окисление сажи, заметно снижая температуру реакции. «Эка невидаль — сажа», — может подумать кое-кто. Но ученые, ведущие работы по изысканию новых видов авиационного топлива, придерживаются на этот счет совсем иного мнения. И, надо полагать, не без оснований.

Некоторые соединения рубидия обладают полупроводниковыми свойствами, другие — пьезоэлектрическими. Однако пока эти способности элемента № 37 только начинают привлекать внимание ученых и инженеров.

Как вы заметили, речь чаще идет о потенциальных возможностях рубидия, чем о конкретном использовании его в современной технике. Действительно, он не вправе пока претендовать на роль великого труженика, подобно железу, алюминию, меди, титану. Это подтверждается и масштабами его производства: если «поскрести по сусекам» всех стран, производящих рубидий, то за год наберется всего несколько десятков килограммов, а отсюда — очень высокая цена этого металла на мировом рынке.

Помимо упомянутых областей применения, рубидиевые соединения в небольших количествах используются в аналитической химии — как реактивы на марганец, цирконий и благородные металлы, в медицине — в качестве спазмолитического и болеутоляющего средства, а также при лечении эпилепсии. В виде различных солей рубидий участвует в изготовлении специальных оптических материалов, прозрачных для инфракрасных лучей, в производстве люминесцентных ламп, телевизионных и других электроннолучевых трубок. В некоторых вакуумных приборах рубидий выполняет функции геттера (газопоглотителя), а в



магнитометрах и эталонах частоты и времени — функции так называемого активного вещества.

Недавно одна из электротехнических фирм ФРГ сконструировала рубидиевую контрольно-регулирующую приставку для старинных курантов, украшающих древние башни многих европейских городов и радующих слух их жителей мелодичным боем. Но вот беда: почти все куранты страдают хроническим «заболеванием» — уж очень не точны эти громоздкие средневековые механизмы. Новая приставка — атомный эталон частоты — гарантирует курантам безупречную точность хода (до сотых долей секунды в сутки).

Еще большая точность нужна ядерной физике, лазерной технике, космической навигации: здесь погрешность измерения времени порой «не вправо» превышать миллионные доли секунды в сутки! Таким требованиям отвечают созданные в нашей стране атомные часы, «сердцем» которых служит изотоп рубидия. Принцип их действия основан на том, что атомы химических элементов способны поглощать или излучать энергию только определенной длины волны (частоты). Для каждого элемента эта длина волны строго постоянна, поскольку она зависит лишь от строения атома. Поэтому атомные (или, как их еще называют, квантовые) часы на несколько порядков точнее, чем любые другие, в том числе и кварцевые, в которых роль маятника играют упругие колебания кварцевой пластины. Точность рубидиевых часов такова, что если бы их «завели» на рубеже новой эры, то к нашим дням они отстали бы или убежали вперед не более чем на... одну секунду.

Можно смело утверждать, что в ближайшие годы послужной список рубидия станет намного длиннее, а значит, возрастут и масштабы его производства. Природа не страдает от недостатка этого металла: в подземных кладовых его припрятано больше, чем, например, хрома, цинка, никеля, меди, свинца.

Правда, определенные трудности возникают из-за крайней рассеянности рубидия, который, хотя и обнаружен во многих горных породах, не имеет собственных минералов, не говоря уже о крупных месторождениях. Обычно рубидий примыкает к более распространенным щелочным металлам, причем с калием он просто неразлучен. Кроме уже упоминавшегося лепидолита, рубидий в очень незначительных количествах (от сотых до десятых долей процента) присутствует в карналлите, откуда его и извлекают попутно с другими элементами. Поскольку общие запасы карналлита практически неисчерпаемы, этот минерал считается наиболее перспективным рубидиевым сырьем.

Еще в XV веке на берегу реки Камы среди уральских лесов возник городок Соль Камская. Современный Соликамск — крупный центр химической промышленности. Здесь находятся богатейшие месторождения карналлитов, сильвинитов и других калийных солей. Похожий на мрамор сильвинит окрашен в различные цвета: он то белый, как снег, то переливается всеми цветами радуги — от светло-розового до красного, от небесно-голубого до темно-синего. При этом минерал (представляющий собой хлорид калия) пронизан бесцветными прозрачными кристаллами хлорида натрия (т. е. поваренной соли), среди которых иногда попадаются совершенно черные крупные кубики. Отчего же почернела поваренная соль? Полагают, что это «автограф» рубидия-87 — уже знакомого нам радиоактивного изотопа, облучившего когда-то хлорид натрия.

Соли рубидия растворены в воде океанов, морей, озер. Довольно богаты этим элементом знаменитые одесские лиманы, но еще больше его в каспийских водах. Не обошел рубидий своим вниманием и многих представителей растительного мира: следы его встречаются в морских водорослях и табаке, в листьях чая и зернах кофе, в сахарном тростнике и свекле, в винограде и некоторых видах цитрусовых.

В заключение приведем шуточный аргумент в пользу прозвучавшего несколько лет назад призыва «Берегите мужчин!»: их кровь, как утверждает Большая Советская Энциклопедия, богаче рубидием, чем женская (соответственно 0,00032 и 0,00028 %). Ну как же их в таком случае не беречь?

ТАЙНА БЕНГАЛЬСКИХ ЖРЕЦОВ (СТРОНЦИЙ)



Чем болели казаки? — Деревня попадает в историю. — Торопитесь с выводами! — Рецепт бенгальских жрецов. — Букеты расцветают в небе. — «Сладкое местечко». — В различных ампулах. — Взрыв на атолле Бикини. — Опасный «вирус». — Широкие перспективы. — Стронций забирается в часы. — На далеком северном острове. — «Тристан» уходит в пучину. — Чудесный генератор. — Мелкие хлопоты. — Без искры. — Голубые кристаллы. — На дне прибрежной полосы. — Дела давно минувших дней. — Природе не свойственна торопливость.

В начале прошлого столетия казаки, жившие в Забайкалье, решили переселиться на берега Урова (притока Аргуни) — их привлекли здесь хорошие пахотные земли и неплохой климат. Но вот беда: спустя всего несколько лет многие переселенцы заболели неведомой болезнью, которая скручивала людей, пронизывала болью все тело. Не раз приезжали сюда врачи, но никто из них не смог выяснить причину массового заболевания. Лишь в наше время комплексные биогеохимические экспедиции Академии наук СССР сумели установить, что виновником этого тяжелого недуга был... стронций, которым оказались богаты воды тех мест.

Что же представляет собой этот коварный химический элемент, столь недружелюбно встретивший забайкальских казаков?

Стронций был открыт в конце XVIII века. Своим названием элемент обязан небольшой шотландской деревушке Стронциан (впрочем, уместнее сказать, что скромная деревушка обязана этому металлу тем, что благодаря ему попала в историю химии). В 1787 году в ее окрестностях был найден редкий минерал, названный

стронцианитом. Исследования английских химиков А. Кроуфорда и Т. Хопа, немецкого химика М. Клапрота и других ученых, заинтересовавшихся новым минералом, свидетельствовали о том, что в нем присутствует «земля» (окисел) неизвестного в то время науке металла.

Лиха беда начало: уже в 1792 году Хопу удается представить убедительные доказательства существования нового элемента, который был назван стронцием (в русской литературе начала XIX века встречались и другие названия: стронтий, стронциан, стронтиян).



К числу первооткрывателей стронция можно отнести и русского химика Т. Е. Ловица. В том же 1792 году он обнаружил «стронциановую землю» в минерале барите. Но будучи чрезвычайно осторожным, ученый решил не торопиться с выводами, а, следуя принципу «семь раз отмерь», провести еще более тщательные опыты. Когда же они были закончены и Ловиц подготовил к публикации статью «О стронциановой земле в тяжелом шпате», оказалось, что «отрезать» уже было поздно: до России дошли иностранные химические журналы с результатами исследований Хопа, Клапрота и других зарубежных ученых. Да, иногда, пожалуй, не грех и поторопиться...

Знакомство ученых с чистым стронцием состоялось спустя несколько лет, в 1808 году, когда англичанин Г. Дэви сумел впервые выделить этот легкий (легче алюминия) серебристо-белый металл в свободном виде. С химическими же соединениями стронция человек познакомился задолго до описываемых событий.

Еще в Древней Индии при совершении священных обрядов в полумраке храмов внезапно вспыхивали таинственные красные огни, наводившие суеверный страх на молящихся. Разумеется, всемогущий Будда был меньше всего причастен к этой иллюминации, зато его верные служители — жрецы, видя испуганные лица своих подопечных, потирали руки от удовольствия. Чтобы добиться такого эффекта, они смешивали соли стронция с углем, серой и бертолетовой солью, прессовали смесь в шарики или пирамиды, а в нужный момент незаметно поджигали. Должно быть, «патент» на такую смесь принадлежал жрецам Бенгалии (одной из индийских провинций), поскольку за этими огнями прочно закрепилось название «бенгальских».

На протяжении многих веков свойство летучих соединений стронция придавать пламени ослепительно яркий красный цвет использовалось в пиротехнике. В России, например, во времена Петра I и Екатерины II без «потешных огней» не обходилось ни одно мало-мальски значительное торжество. Да и в наши дни праздничные салюты и фейерверки радуют взоры букетами красных, зеленых, желтых огней, расцветающих на черном бархате ночного неба.

Но пиротехнические способности «металла красных огней», как называют стронций, нужны не только для развлечений: разве можно подсчитать, сколько человеческих жизней было спасено благодаря сигнальным ракетам, которые при кораблекрушениях, вспыхивая во мраке над океаном, указывали судам, спешащим на помощь, местонахождение тех, кто потерпел бедствие.

Окрашивание пламени долгое время оставалось единственным занятием стронция. Но вот на рубеже XIX и XX веков химики обнаружили, что он может проявить себя на другом поприще — в сахарном производстве: с его помощью удалось заметно повысить извлечение сахара из свекольной патоки — мелассы. Но спустя несколько лет нашелся более дешевый исполнитель этой роли — кальций, и стронций вынужден был уступить ему «сладкое местечко». Любопытно, что в последнее время ставится вопрос о возрождении стронциевого метода обессахаривания мелассы, так как выход сахара в этом случае примерно на 20% выше.



Можно назвать еще много областей, в которых стронций с большим или меньшим успехом пробовал свои силы. Металлургам, например, он помогал очищать сталь от газов и вредных примесей. В производстве

глазурей этот элемент позволил обойтись без ядовитых соединений свинца, который к тому же и более дефицитен. В стекольной промышленности стронций (точнее, его окисел) приобрел известность как заменитель дорогостоящих материалов при изготовлении стекловолокна и стекол различного назначения. Синтетические кристаллы титаната стронция по игре и блеску граней способны конкурировать с бриллиантами. Присутствие стронция в порландцементе повышает его влагоустойчивость, что особенно важно при строительстве гидросооружений. В радиотехнике и электронике этот металл применяют для окислирования катодов электронных ламп и в качестве газонаполнителя в вакуумной технике, в частности при изготовлении диэлектриков и сегнетоэлектриков. Стронциевые соединения входят в состав люминофоров, малярных красок, консистентных смазок, отличающихся высокой стойкостью. «Дуэт» рубидий — стронций позволяет ученым с большой точностью определять возраст наиболее древних горных пород <Подробнее об этом рассказано в очерке о рубидии «Злой джин»>.

Как видите, работы для элемента № 38 хватает. И все же то, что мы перечислили, можно считать лишь эпизодами из жизни стронция. Но прежде чем перейти к самой важной стороне его деятельности, вспомним об одном сравнительно недавнем событии, сообщения о котором долго не сходили с центральных полос газет всего мира.

В марте 1954 года над атоллom Бикини, расположенным в южной части Тихого океана, поднялось гигантское грибовидное облако — результат испытаний американской водородной бомбы. Спустя несколько часов на палубу японского рыболовного судна «Фукуру-Мару», находившегося в открытом море более чем в 150 километрах от эпицентра взрыва, начали падать грязно-белые хлопья радиоактивных осадков. Рыбаки прекратили промысел и взяли курс на Японию, но было поздно: вскоре после возвращения один из членов экипажа умер, а остальные оказались пораженными тяжелой формой лучевой болезни. Едва ли не главным «вирусом» этой болезни был стронций-90, один из многочисленных радиоактивных изотопов, образующихся при ядерном распаде.

В результате такого взрыва в атмосферу выбрасываются десятки миллионов тонн земли и горных пород, буквально начиненных продуктами деления атомных ядер, самый токсичный, а значит, и самый опасный среди которых — стронций-90. Рано или поздно они возвращаются на землю, оседая на поверхность материков и океанов. Теперь радиоактивному стронцию остается один шаг до организма человека. Вместе с фруктами и овощами, усвоившими его из почвы, с питьевой водой, с мясом или молоком домашних животных, «полакомившихся» травой, зараженной стронцием-90, он проникает в организм людей, накапливается там и создает опасные радиоактивные очаги, губительно воздействующие на костные ткани, мозг, кровь.

Прогрессивное человечество боролось и продолжает бороться за полный запрет атомных и водородных взрывов. Миллионы людей во всем мире горячо приветствовали подписание в Москве в 1963 году международного Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. Однако это вовсе не означает, что радиоактивный стронций сойдет со сцены: развитие ядерной энергетики создает неограниченные возможности для мирного использования его в науке и технике. Здесь для него работы — непочатый край.

Широкие перспективы открываются перед радиоизотопами стронция в производстве атомных электрических батарей для космических ракет и искусственных спутников Земли. Принцип действия таких батарей основан на способности стронция-90 излучать электроны, обладающие большой энергией, преобразуемой затем в электрическую. Радиостронциевые элементы, соединенные в миниатюрную батарейку (размером со спичечную коробку), способны безотказно служить без перезарядки 15—25 лет.

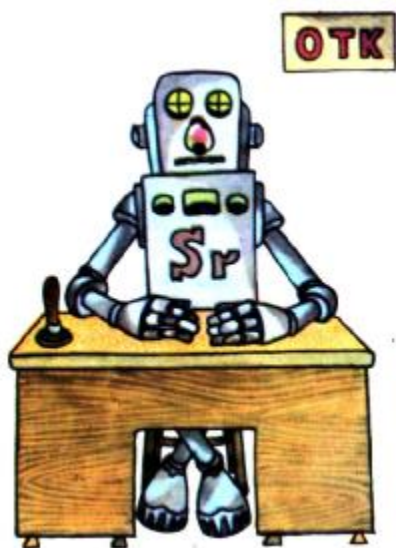
Атомные батарейки несомненно найдут применение в телефонии и радиотехнике. А вот швейцарские часовщики с успехом использовали крохотные стронциевые батарейки для питания электрочасов.

Неприхотливые и практически вечные источники тока незаменимы на автоматических метеостанциях, расположенных в пустынных, полярных и высокогорных районах нашей планеты. В Канаде, например, на далеком северном острове Аксель-Хейберг в труднодоступном месте действует атомная метеорологическая станция, рассчитанная на работу без обслуживания в течение двух-трех лет. Источником энергии для аппаратуры станции служит изотоп стронция (всего 400 граммов), помещенный в специальный трехслойный сплав и защищенный свинцовым экраном. Теплота, образующаяся при радиоактивном распаде стронция, превращается в электрический ток, который питает приборы для измерения температуры, атмосферного давления, скорости и направления ветра. Полученные данные фиксируются самопишущими приборами и передаются по радио с помощью двух транзисторных передатчиков на расстояние свыше 1500 километров. Вся аппаратура смонтирована в стальном цилиндре высотой 2,5 метра, диаметром 0,65 метра и общей массой около тонны. Душой этого сложного технического комплекса можно без преувеличения назвать маленькие стронциевые батареи.

Несомненный интерес представляет термоэлектрическая стронциевая батарея «Тристан», разработанная учеными фирмы «Сименс» (ФРГ) для проведения подводных исследований. Высокоэффективные термоэлектрические элементы преобразуют энергию распада стронция-90 в электрический ток. Размеры батареи невелики, но весит она 1,4 тонны, поскольку снабжена толстым свинцовым экраном, который надежно защищает обитателей морских пучин и, разумеется, прежде всего людей от радиации — ее уровень вблизи «Тристана» в пять раз меньше допустимого.

Советскими учеными создан изотопный генератор электрической энергии для питания автоматических метеостанций. Главное действующее лицо в нем — все тот же изотоп стронция. Гарантийный срок службы

«Бета-С» (так назван генератор) — 10 лет, в течение которых он способен снабжать электрическим током нуждающиеся в нем приборы. А все обслуживание его заключается лишь в профилактических осмотрах — раз в два года. На Лейпцигской ярмарке этот генератор был удостоен золотой медали. Первые образцы его установлены в Забайкалье и в верховьях таежной речки Кручины.



Число приборов различного назначения, в которых используется радиоактивный стронций, растет не по дням, а по часам. Успешно действуют, например, толщиномеры для контроля и управления процессом производства бумаги, тканей, тонких металлических лент, пластмассовых пленок, лакокрасочных покрытий. Изотоп стронция «трудится» в приборах для измерения плотности, вязкости и других характеристик вещества, в дефектоскопах, дозиметрах, сигнализаторах.

С борта судна, направляющегося в Таллинский порт, хорошо видна словно выросшая из воды высокая красная «свеча» — атомный маяк «Таллин». Главная его особенность — радиоизотопные термоэлектрические генераторы, в которых в результате распада стронция-90 возникает тепловая энергия, преобразуемая затем в световую. Иначе говоря, недра атомов стронция можно с родным основанием считать местом рождения мощного луча света, легко пробивающего ночную мглу Балтики. Заметим, что традиционной должности смотрителя в штатном расписании атомного маяка нет: лишь несколько раз в год специалисты посещают его для осмотра аппаратуры. Недавно здесь вырос еще один такой маяк.

На машиностроительных предприятиях часто можно встретить так называемые бета-реле. В их «обязанности» входит контроль подачи заготовок на обработку, проверка исправности инструмента, правильность положения детали и тому подобные «мелкие хлопоты». Принцип действия реле прост. Микрочастица радиоактивного стронция, излучение которого в двести раз ниже санитарных норм, покоится в свинцовой ампуле с крохотным окошком, прозрачным для бета-излучения (потока электронов). До тех пор пока в «поле зрения» бета-лучей находится деталь или инструмент, т. е. пока все обстоит благополучно, автоматическая система спокойна. Но вот, допустим, сверло внезапно сломалось — теперь уже бета-лучи, не встречая на своем пути преграды, попадают на газоразрядный приемник излучения. Тотчас же реле срабатывает, останавливая механизмы, а на пульте диспетчера вспыхивает сигнальный огонек, указывающий, где произошло повреждение.

При производстве материалов, являющихся изоляторами (бумага, ткани, искусственное волокно, пластмассы и т. д.), вследствие трения возникают электрические заряды, создающие напряжения до нескольких тысяч вольт, — в результате может произойти искровой пробой и возникнуть пожар. Чтобы избежать этого, до недавнего времени применяли сложную, громоздкую и дорогую аппаратуру, позволяющую с помощью ультрафиолетовых или рентгеновских лучей ионизировать окружающий воздух и тем самым снимать электростатические заряды. Сейчас для этой цели широко пользуются стронциевыми ионизирующими источниками — они недороги, не требуют установки высоковольтной аппаратуры, просты в эксплуатации, компактны и долговечны. Новые приборы позволили в несколько раз повысить производительность прядильных и ткацких станков, резко сократить брак и простои из-за обрыва нитей.

Итак, мирный стронций все увереннее прокладывает себе дорогу в промышленность, спрос на него непрерывно растет. А сможет ли природа удовлетворить потребности человечества в этом металле?

Большинство минералов стронция встречается довольно редко; лишь уже знакомый нам стронцианит и целестин (по-латыни — «небесный») образуют иногда солидные скопления. Вот как описывает свою встречу с целестином замечательный советский геохимик и минералог академик А. Е. Ферсман: «...вдруг в одном разломанном желвачке я увидел какой-то голубой кристаллик: о, это был настоящий целестин! Чудесная прозрачная голубая иголочка, как светлый сапфир с острова Цейлон, как светлый, выгоревший на солнце василек».

Но целестин бывает не только голубым — не менее чудесны его нежно-фиолетовые, розоватые или дымчато-черные кристаллы, встречающиеся в пустотах горных пород. Необыкновенно красивы зеленоватые россыпи его мелких зерен на другах янтарно-желтой серы.

Пути образования в природе целестина (он представляет собой серноокислую соль стронция) различны, и, чтобы поведать об одном из них, мы снова предоставим слово академику А. Е. Ферсману, поскольку вряд ли кто-нибудь сможет рассказать об этом интереснее и поэтичнее, чем он:

«...Давно-давно, несколько десятков миллионов лет тому назад верхнеюрское море докатывало свои волны до мощных, тогда уже существовавших Кавказских хребтов...»

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



Это были знаменитые радиолярии-акантарии, скелеты которых состояли из иголок, числом от 18 до 32. Долгое время никто не знал, из чего они образованы, и только случайно было обнаружено, что они состоят не из кремнезема, не из опала, а из сернокислого стронция. Эти бесчисленные радиолярии накапливали в сложном жизненном процессе соль сернокислого стронция, извлекая ее из морской воды, и постепенно строили свои кристаллические иголки.

Отмирающие радиолярии падали на дно моря. Так было положено начало скоплениям одного из редких металлов...»

Добавим, что не только радиолярии, но и другие морские организмы равнодушны к стронцию: ученые находили спиральные раковины давно вымерших моллюсков, состоящие из целестина. Некоторые из них достигали внушительных размеров — до 40 сантиметров в поперечнике.

В природе имеются довольно крупные так называемые вулканогенно-осадочные месторождения стронция, например в пустынях Калифорнии и Аризоны в США. (Кстати, замечено, что стронций «любит» жаркий климат, поэтому в северных странах он встречается гораздо реже.). В третичную эпоху этот район был ареной бурной вулканической деятельности.

Термальные воды, поднимающиеся вместе с лавой из земных недр, были богаты стронцием. Расположенные среди вулканов озера накапливали этот элемент, образуя за тысячелетия весьма солидные его запасы.

Есть стронций и в водах Кара-Богаз-Гола. Постоянное испарение вод залива приводит к тому, что концентрация солей непрерывно возрастает и наконец достигает точки насыщения — соли выпадают в осадок. Содержание стронция в этих осадках иногда составляет 1—2 %.

Несколько лет назад геологи обнаружили значительное месторождение целестина в горах Туркмении. Голубые пласты этого ценного минерала залегают на склонах ущелий и глубоких каньонов Куштангтау — горного хребта в юго-западной части Памиро-Алая. Нет сомнения, что туркменский «небесный» камень успешно послужит нашему народному хозяйству.

...Природе не свойственна торопливость: сейчас человек использует запасы стронция, которые она начала создавать миллионы лет назад. Но и сегодня в глубинах земли, в толще морей и океанов происходят сложные химические процессы, возникают скопления ценных элементов, рождаются новые клады, но достанутся они уже не нам, а нашим далеким-далеким потомкам.



НАХОДКА В ЗАБРОШЕННОМ КАРЬЕРЕ (ИТТРИЙ)

Звездный час Аррениуса. — Загадочная примесь. — Урожайные годы. — Почему пожелтела земля? — Запись в биографии. — «Скрытый» становится открытым. — В порядке очереди. — «Трио» Мосандера. — Редкоземельная «лихорадка». — Альдебараний и К°. — 15 тысяч кристаллизаций. — Хата с краю. — Почти однофамильцы. — «Жилищная проблема». — Что выяснилось за два столетия? — Лампа зажигается спичкой. — «Окна» ракет. — Прогресс в цветном телевидении. — «Витамин» для чугуна. — Редки ли редкоземельные? — В честь Юрия Гагарина.

В 1787 году лейтенант шведской армии Карл Аррениус решил провести летний отпуск в местечке Иттербю, расположенном на одном из многочисленных островков вблизи столицы Швеции Стокгольма. Выбор был сделан не случайно: страстный любитель минералогии, Аррениус знал, что в окрестностях Иттербю есть отслуживший свой век и потому давно заброшенный карьер — он-то и манил молодого офицера, надеявшегося пополнить свою коллекцию минералов. День за днем Аррениус тщательно обследовал все новые и новые участки карьера, но похвастать ему долгое время было нечем. И вот, наконец, пришла удача: найден черный тяжелый камень, похожий на каменный уголь. Такая находка уже чего-то стоила. Радости Аррениуса не было пределов, но мог ли он тогда предположить, что этот невзрачный на вид минерал сыграет огромную роль в истории неорганической химии, а заодно впишет в нее имя своего первооткрывателя?

Отпуск подошел к концу. Вернувшись домой, Аррениус составил описание минерала, дал ему без

долгих раздумий название «иттербит» (в честь местечка, где тот был найден) и вновь приступил к несению военной службы. Время от времени он продолжал заниматься минералогическими поисками, но звездный час его был уже позади.



В 1794 году иттербитом заинтересовался финский химик Юхан Гадолин, профессор университета в Або (ныне Турку). И для него черный камень из-под Иттербю оказался счастливым, во многом определив направление дальнейшей научной деятельности этого крупного ученого (в 1811 году он был избран членом-корреспондентом Петербургской академии наук). Гадолин подверг минерал химическому анализу и обнаружил в нем, наряду с окислами железа, кальция, магния и кремния довольно большое количество (38 %) неизвестной примеси, напоминавшей отчасти окись алюминия, отчасти окись кальция. Ученый пришел к выводу, что им открыта окись нового химического элемента, или, как тогда было принято говорить, новая «земля» (так прежде называли тугоплавкие, нерастворимые в воде окислы некоторых элементов).

Спустя три года исследованием иттербита занялся шведский химик Андрес Экеберг, профессор Упсальского университета. Он подтвердил выводы своего финского коллеги с той лишь разницей, что, по его мнению, на долю нового вещества приходилось не 38, а 55,5%. Экеберг предложил назвать неведомую землю иттриевой, а иттербит переименовать в гадолинит в знак уважения к большим научным заслугам Гадолина — первого исследователя этого минерала.

Интерес ученых к иттриевой земле рос как на дрожжах. Многочисленные исследования, проведенные в разных странах, подтверждали присутствие в гадолините нового элемента (правда, количественные характеристики, как правило, оказывались различными). Но никому из химиков, «бороздивших» вдоль и поперек иттриевую землю, до поры до времени не приходило в голову, что в ней прячется не один, а сразу несколько незнакомцев — окислов неизвестных науке элементов.

Такой же сложной по составу оказалась цериевая земля, открытая в 1803 году. Как выяснилось позднее, в этих двух веществах «проживали» почти все элементы, которые располагаются сегодня в таблице Менделеева под номерами 57—71 и называются лантаноидами, а вместе со своими ближайшими «родственниками» скандием (№ 21) и иттрием (№ 39) образуют семью редкоземельных металлов. Но для того, чтобы разделить эти земли на составные части и открыть все входящие в их состав элементы, ученым потребовалось целое столетие.

Начало XIX века ознаменовалось появлением на свет большого числа новых элементов. В эти годы были открыты палладий и родий, осмий и иридий, калий и натрий, барий и стронций, кальций и магний, литий и кадмий. Эти и другие «новорожденные» приковали к себе внимание химиков, а интерес к иттриевой и цериевой землям заметно упал.

Пожалуй, лишь знаменитый шведский химик Йенс Якоб Берцелиус и его ученики не теряли из вида редкие земли. В 1818 году один из помощников Берцелиуса Шерер обнаружил, что при нагревании иттриевой земли в закрытой склянке бесцветный порошок вдруг приобретал странную желтизну, которая исчезала лишь после того, как процесс повторялся в восстановительной атмосфере. Это навело Шерера на мысль, что в исходном препарате, наряду с

окисью иттрия, содержится неизвестный окисел — он-то и наводил желтый «грим» на иттриевую землю. Подобные мысли кое-кто высказывал и раньше, но дальше предположений дело не шло. Шерер тоже не сумел экспериментально подтвердить свою идею.

Прошло несколько лет, и в биографии иттрия появилась новая запись: 1828 год — немецкий ученый Фридрих Велер (кстати сказать, тоже ученик Берцелиуса) впервые получил металлический иттрий. И хотя металл был сильно загрязнен примесями, это событие расценивалось как значительный успех Велера, поскольку выделение любого редкоземельного элемента из химических соединений — по сей день необычайно трудоемкая и сложная задача.

Следующую страницу в историю иттрия (а точнее, в историю всех редкоземельных элементов, ибо их судьбы теснейшим образом переплелись) вписал еще один ученик Берцелиуса — талантливый шведский химик Карл Мосандер. Еще в 1826 году он всерьез увлекся исследованием цериевой земли и вскоре сделал вывод о том, что в ней, как и в иттриевой, может содержаться другой, еще неизвестный окисел. Однако Мосандер не был любителем скоропалительных категорических суждений, а выделить новую землю он тогда не сумел. На какое-то время другие дела отвлекли его от изучения окислов церия, и лишь в конце 30-х годов стрелка компаса научных интересов ученого вновь повернулась в сторону редкоземельного «полюса».



Сначала он повторил свои опыты с цериевой землей и теперь уже сумел доказать, что в ней скрывается окись другого элемента. По предложению Берцелиуса Мосандер назвал его лантаном — по-гречески «скрытый». Лантан действительно долго скрывался под прикрытием церия, но зато впоследствии он не только гостеприимно приютил в своем «доме» всех редкоземельных родственников, но и дал им право именоваться лантаноидами.

Кроме окиси лантана, Мосандер обнаружил в цериевой земле еще одну землю; в дальнейшем выяснилось, что и она имела сложный состав, и из нее в конце концов удалось выделить несколько редкоземельных элементов. Теперь настал черед иттриевой земли. Мосандер помнил о ее «желтых днях» в экспериментах Шерера. Не забыл он и о том, что данные о содержании окиси иттрия в гадолините заметно различались в опытах Гадолина, Экеберга и многих других исследователей, несмотря на сходные методы анализа. Тут было над чем поломать голову, тем более, что даже сам Берцелиус не смог дать этим расхождениям подходящего объяснения. Но с чего начать?

Прежде всего Мосандер постарался получить как можно более чистую окись иттрия. При этом ученый не довольствовался только теми методами, которыми располагала в ту пору наука: специально для своих опытов он разработал новые методы, впоследствии прочно вошедшие в арсенал химии редкоземельных элементов. Для «расщепления» иттриевой земли Мосандер использовал так называемое дробное (или фракционированное) осаждение, в основе которого лежало незначительное различие в растворимости солей редкоземельных элементов в кислотах. Если иттриевая земля представляет собой смесь окислов, то они должны выпадать в осадок не одновременно, а по очереди, обусловленной их разной основностью, а следовательно, и разной растворимостью.

Проходили дни, недели, месяцы. Буквально по каплям добавлял ученый к гидроокиси иттрия оксалат калия, аммиак и другие реактивы. Один скрупулезный опыт сменялся другим. И вот, наконец, в октябре 1843 года Мосандер опубликовал в «Философском журнале» результаты своей работы. Из иттриевой земли ему удалось выделить три окисла: сначала выпадал желтый осадок, затем розоватый и в последнюю очередь — бесцветный. Названия, которые дал Мосандер этим окислам и соответствующим им элементам, как бы символизировали разделение исходной земли, обнаруженной в минерале из-под Иттербу: от начальной части названия этой шведской деревушки «итт» получила свое имя бесцветная окись — иттрия, от «тер» — желтая, ставшая тербией, и от «эрб» — розоватая, именовавшаяся отныне эрбией.

Но на этом ставить точку было еще рано: вокруг «трио» Мосандера развернулась оживленная полемика, в которой участвовали многие крупные химики. Одни сомневались в существовании вновь открытых земель, другие, напротив, утверждали, что эти земли в свою очередь должны быть разделены на самостоятельные «территории», принадлежащие неизвестным пока элементам. Истина лежала между этими крайними точками зрения: эрбиевая земля действительно оказалась смесью окислов. В 1878 году швейцарский химик Жан Мариньяк разделил ее на две части — эрбию и иттербию (названную в честь все той же шведской деревушки). Но, как вскоре выяснилось, каждая из этих земель была... тоже смесью окислов.

Дробление земель продолжалось, семья редкоземельных элементов пополнялась новыми членами. В те годы интерес к редким землям резко возрос. Немалую роль сыграл в этом разработанный в 1860 году немецкими учеными Робертом Бунзеном и Густавом Кирхгофом спектральный метод анализа, значительно расширивший возможности проникновения в тайны вещества.



Подобно тому как во времена золотых лихорадок тысячи любителей наживы устремлялись в Калифорнию и Клондайк, в последней четверти прошлого века на берега архипелага редких земель высадился многочисленный десант ученых — искателей химических кладов. Открытия новых редкоземельных металлов посыпались как из рога изобилия, но, увы, подавляющему большинству из них (а всего их оказалось свыше ста) не хватало требуемых «документов» для постоянной прописки в таблице элементов. Зато какие красивые имена давались новорожденным их счастливыми «родителями»: филиппий и деципий, демоний и метацерий, дамарий и люций, космий и неокосмий, глаукодим и викторий, эвксений и каролиний, инкогнитий и кассиопей и даже альдебараний. Теперь эти звучные названия можно найти лишь в списках ложнооткрытых химических элементов...

Но, разумеется, были и удачи. Из эрбиевой земли, наряду с самим эрбием, были получены тулий, гольмий и диспрозий, а из иттербиевой земли, кроме иттербия, еще скандий и лютеций. Характерная деталь: для выделения лютеция французскому химику Жоржу Урбену пришлось выполнить более 15 тысяч кристаллизаций. Так неохотно природа раскрывала науке свои секреты. Интересно, что лютеций оказался последним редкоземельным элементом как по времени открытия (он «вошел в строй» в 1907 году), так и по положению в ряду лантаноидов. Если вы посмотрите на таблицу элементов, то увидите, что лютеций вполне резонно может заявить: «Моя хата с краю».

Итак, все редкоземельные металлы открыты. Подведем некоторые итоги. Крохотное шведское селение Иттербю, где когда-то Аррениус нашел черный камень, дало имена четырем химическим элементам — иттрию, тербию, эрбию и иттербию. Ни один материк, ни одно государство, ни одна столица не удостоились такой чести. Стал своеобразным рекордсменом и черный минерал гадолинит (иттербит): он оказался «камерой хранения» чуть ли не десятка новых элементов, которые были извлечены из иттриевой земли, впервые обнаруженной в иттербите.



Иттрий и другие редкоземельные металлы доставили немало хлопот Д. И. Менделееву, когда тот выписывал «ордера» для заселения построенной им периодической таблицы. К моменту открытия важнейшего закона химии науке были известны шесть редкоземельных элементов. Подобрать для каждого из них подходящее место в таблице оказалось весьма сложно из-за их удивительного химического сходства, а поскольку с годами число их росло, то и забот прибавлялось. Прошло не одно десятилетие, прежде чем удалось окончательно решить "жилищную проблему" для членов редкоземельного семейства. Оказалось, что иттрию, с которого началась история редких земель, необходимо предоставить отдельную «квартиру». Такие же льготы получил скандий, а все остальные редкоземельные элементы, как уже говорилось, были размещены в "многокомнатной квартире", и лантан был назначен «ответственным съемщиком». И хотя часть лантаноидов относится к иттриевой группе (другая часть — к цериевой), иттрий разлучен с ними в таблице элементов.

С конца XVIII века, когда был открыт иттрий, до наших дней прошло чуть ли не два столетия. Казалось бы, за это время можно было досконально изучить элемент и узнать все его физические характеристики. Тем не менее до сих пор сведения о плотности, температурах плавления и

кипения и некоторых других параметрах иттрия, приведенные в разных справочниках, не всегда совпадают. Причина тому одна: неодинаковая степень чистоты металла, достигнутая различными исследователями. Сейчас переплавом в вакууме с последующей двух- и трехкратной дистилляцией получают иттрий чистотой 99,8—99,9%. Такой металл плавится примерно при 1500 °С, а его плотность составляет 4,47 г/см³. Сочетание сравнительно высокой температуры плавления с небольшой плотностью, неплохими прочностными данными и другими ценными свойствами делают иттрий перспективным конструкционным материалом. Так, из него уже изготавливают трубопроводы для транспортирования жидкого ядерного горючего — расплавленного урана или плутония. Но пока элемент № 39 чаще пробует свои силы в других областях.

Еще в конце прошлого века, ознаменовавшемся электрическим бумом, немецкий физик Вальтер Нернст создал необычную лампу накаливания: вместо угольной или металлической нити, помещенной в вакуум или инертный газ, она имела открытый стерженек из смеси окислов циркония и иттрия. Идея ученого основывалась на том, что некоторые кристаллические соединения — так называемые твердые электролиты — проводят ток в результате движения ионов, а не электронов. Лампу Нернста приходилось зажигать спичкой, так как керамический стерженек начинал проводить ток лишь при 800 °С. По этой причине лампа не нашла тогда спроса, однако подобные нагревательные элементы широко применяются в современной технике для создания высоких температур (окись иттрия заменена в них окисью кальция). В отличие от металлических, такие нагреватели не только не окисляются на воздухе, но и, напротив, работают тем лучше, чем выше окислительная способность среды.

Сегодня из окиси иттрия очень высокой чистоты изготавливают иттриевые ферриты, используемые в радиотехнике и электронике, в слуховых приборах и ячейках памяти счетно-решающих устройств. Бориды, сульфиды и окислы иттрия служат материалом катодов мощных генераторных установок, жаропрочных тиглей для плавления тугоплавких металлов. Несколько лет назад создан новый жаропрочный материал циттрит, представляющий собой циркониевую керамику с добавками иттрия; циттрит обладает минимальной теплопроводностью и сохраняет свои свойства до 2200 °С. Разработан и другой керамический материал — иттрийлокс, плавящийся при 2204 °С. Этот материал (твердый раствор двуокиси тория в окиси иттрия) для видимой части спектра прозрачен, как стекло, и, кроме того, хорошо пропускает инфракрасные лучи. Из него можно изготавливать инфракрасные «окна» специальной аппаратуры и ракет, смотровые глазки высокотемпературных печей.

Иттрий внес свою лепту и в развитие цветного телевидения: кинескопы с красными люминофорами на основе его соединений характеризуются высокой яркостью свечения. В Японии для этой цели применяют окись иттрия, активированную европием; специалисты других стран отдают предпочтение ортованадату иттрия. По

японским данным, на миллион трубок расходуется примерно 5 тонн чистой окиси иттрия.



Но, пожалуй, наиболее важная в наше время область применения иттрия — металлургия. С каждым годом этот металл все шире используется как добавка при производстве легированной стали и модифицированного чугуна. Введение незначительных количеств иттрия в сталь делает ее структуру мелкозернистой, улучшает механические, электрические и магнитные свойства. Если немного иттрия (десятые и даже сотые доли процента) добавить в чугун, твердость его возрастет почти вдвое, а износостойкость — в четыре раза. К тому же такой чугун становится менее хрупким, по прочностным характеристикам он приближается к стали, легче переносит высокие температуры. И вот что весьма ценно: иттриевый чугун можно переплавлять несколько раз, но благотворное влияние «витамина Y» при этом сохраняется.

Иттрий повышает жаропрочность сплавов на основе никеля, хрома, железа, молибдена, увеличивает пластичность тугоплавких металлов — ванадия, тантала, вольфрама и сплавов на их основе, заметно упрочняет титановые, медные, магниевые и алюминиевые сплавы. Из легкого магнийиттриевого сплава (9% иттрия), обладающего высокой коррозионной стойкостью, изготавливают различные детали и узлы летательных аппаратов.

Промышленность выпускает иттрий как в чистом виде (монокристаллы, слитки), так и в виде сплавов с магнием и алюминием. Масштабы его производства из года в год растут: если совсем недавно мировая добыча этого металла исчислялась лишь килограммами, то сейчас в мире ежегодно потребляется свыше ста тонн этого редкого элемента. Впрочем, такой ли уж он редкий?

Оказывается, нет. Не только иттрий, но и большинство других редкоземельных элементов встречается на земле отнюдь не редко. Иттрия в земной коре 0,0029%, а это значит, что он входит в число 30 наиболее распространенных элементов нашей планеты. Его земные запасы в десятки раз больше, чем, например, молибдена или вольфрама, в сотни раз больше, чем серебра или ртути, и, наконец, в тысячи раз больше, чем золота или платины. Понятие «редкоземельные элементы» — скорее дань истории их открытия, чем оценка распространенности их в природе.

Свыше ста минералов содержат иттрий. Среди них есть собственно иттриевые — ксенотим, фергусонит, эвксенит, таленит и другие. Сравнительно недавно, в 1961 году, советские ученые обнаружили скопления неизвестного ранее иттрийсодержащего минерала в Казахстане. В честь первого в мире космонавта он был назван гагаринитом. Один из лучших образцов этого камня его первооткрыватели подарили Ю. А. Гагарину. Красивая друза гагаринита — крупные светло-желтые шестигранные кристаллы — экспонируется в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана Академии наук СССР.



ВОЗРОЖДЕННЫЙ «ДИНОЗАВР» (ТЕХНЕЦИЙ)

Вернется ли вчерашний день? — Долг платежом красен. — Подмоченная репутация. — Фортуна поворачивается спиной. — Зачем ломать копыя? — «Категорически запрещается!» — Нахальные соседи. — Не спеши... — Пропавший без вести. — Новинки артиллерии. — Визит за океан. — Лучше меньше, чем ничего. — Не мудрствуя лукаво. — «Чудо-осколки». — Нельзя ли подешевле? — Блюдо не по вкусу. — Неприступная крепость. — Вблизи нуля. — В созвездии Андромеды. — Отпавшие версии. — Динозавры выходят на прогулку.

Вообразите, что однажды утром, раскрыв газету, вы увидели в ней сенсационное сообщение:

Родился динозавр

Вчера в N-ском зоопарке успешно завершились многолетние эксперименты по скрещиванию крокодилов и кенгуру в целях воссоздания на Земле динозавров — животных, обитавших в мезозойскую эру и вымерших много миллионов лет назад.

Разумеется, такая «информация» могла появиться в газете только 1 апреля. Мыслимо ли, чтобы колесо истории вдруг прокрутилось на много-много оборотов назад и вернуло бы нам вчерашний день? Недаром говорят, что было, того уж не вернешь.

И все же, хотя науке сегодня действительно не под силу возрождать динозавров и птеродактилей, но совершать нечто подобное в иных областях ученым иногда удается. Речь идет о «воскрешении» тех химических элементов, которые когда-то «обитали» на нашей планете, но постепенно в результате радиоактивного распада практически полностью исчезли. Первым таким элементом был полученный в 1937 году технеций. Впрочем, сначала — небольшой экскурс в историю химии.

Еще в 1846 году работавший в России химик и минералог Р. Герман нашел в Ильменских горах на Урале неизвестный ранее минерал, названный им иттроильменитом. Ученый не успокоился на достигнутом и

попытался выделить из него новый химический элемент, который, как он считал, содержится в минерале. Но не успел он открыть свой ильмений. Как известный немецкий химик Г. Розе "закрыл" его, доказав ошибочность работ Германа. (Вскоре тот сумел отомстить: когда Розе объявил об открытии им пелопия, Герман, приложив немало усилий, убедительно опроверг выводы Розе.)

Спустя четверть века ильмений снова появился на авансцене химии — о нем вспомнили как о претенденте на роль «эка-марганца», который должен был занять пустовавшее в периодической системе место под номером 43. Но репутация ильмения была сильно «подмочена» работами Г. Розе, и, несмотря на то, что многие его свойства, в том числе и атомный вес, вполне подходили для элемента № 43, Д. И. Менделеев не стал оформлять ему прописку в своей таблице. Дальнейшие исследования окончательно убедили научный мир в том, что ильмений может войти в историю химии лишь с печальной славой одного из многочисленных лжеэлементов.

Поскольку свято место пусто не бывает, претензии на право занять его появлялись одна за другой. Дэвий, люций, ниппоний — все они лопались, словно мыльные пузыри, едва успев появиться на свет.

Но вот в 1925 году немецкие ученые супруги Ида и Вальтер Ноддак опубликовали сообщение о том, что ими обнаружены два новых элемента — мазурий (№ 43) и рений (№ 75). К рению судьба оказалась благосклонной: он тут же был узаконен в правах и незамедлительно занял приготовленную для него резиденцию. А вот к мазурию фортуна повернулась спиной: ни его первооткрыватели, ни другие ученые не могли научно подтвердить открытие этого элемента. Правда, Ида Ноддак заявила, что «в скором времени мазурий, подобно рению, можно будет покупать в магазинах», но химики, как известно, словам не верят, а других, более убедительных доказательств супруги Ноддак представить не могли — список «лжесороктретьих» пополнился еще одним неудачником.

В этот период некоторые ученые начали склоняться к мысли, что далеко не все элементы, предсказанные Менделеевым, в частности элемент № 43, существуют в природе. Может быть, их просто нет и незачем понапрасну тратить время и ломать копыта? К такому выводу пришел даже крупный немецкий химик Вильгельм Прандтль, наложивший «вето» на открытие мазурия.

Внести ясность в этот вопрос позволила младшая сестра химии — ядерная физика, успевшая уже к тому времени завоевать прочный авторитет. Одна из закономерностей этой науки (замеченная в 20-х годах советским химиком С. А. Щукаревым и окончательно сформулированная в 1934 году немецким физиком Г. Маттаухом) называется правилом Маттауха— Щукарева, или правилом запрета. Прежде чем разъяснить его суть, напомним, что означают термины «изотоп» и «изобар». Изотопы — атомы какого-либо химического элемента, имеющие одинаковый заряд атомных ядер, но разные массовые числа. У изобаров же, или, иначе говоря «равнотяжелых» изотопов, напротив, заряды ядер различны, а массовые числа совпадают.

Теперь вернемся к правилу запрета. Смысл его заключается в том, что в природе не могут существовать два стабильных изобара, ядерные заряды которых отличаются на единицу. Другими словами, если у какого-либо химического элемента есть устойчивый изотоп, то его ближайшим соседям по таблице «категорически запрещается» иметь устойчивый изотоп с тем же массовым числом. В этом смысле элементу № 43 явно не повезло: его соседи слева и справа — молибден и рутений — позаботились о том, чтобы все стабильные вакансии близлежащих «территорий» принадлежали их изотопам. А это означало, что элементу № 43 выпала тяжкая доля: сколько бы изотопов он не имел, все они обречены на неустойчивость, и, таким образом, им приходилось непрерывно — днем и ночью — распадаться, хотели они того или нет.

Резонно предположите, что когда-то элемент № 43 существовал на Земле в заметных количествах, но постепенно исчез, как утренний туман. Так почему же в таком случае до наших дней сохранились уран и торий? Ведь они тоже радиоактивны и, следовательно, с первых же дней своей жизни распадаются, как говорится, медленно, но верно? Но именно в этом и кроется ответ на наш вопрос: уран и торий только потому и сохранились, что распадаются медленно, значительно медленнее, чем другие элементы с естественной радиоактивностью (и все же за время существования Земли запасы урана в ее природных кладовых уменьшились примерно в сто раз). Расчеты американских радиохимиков показали, что неустойчивый изотоп того или иного элемента имеет шансы дожить в земной коре с момента «сотворения мира» до наших дней только в том случае, если его период полураспада превышает 150 миллионов лет. Забегая вперед, скажем, что когда были получены различные изотопы элемента № 43, выяснилось, что период полураспада самого долгоживущего из них лишь немногим больше двух с половиной миллионов лет, и, значит, последние его атомы перестали существовать, видимо, даже задолго до появления на Земле первого динозавра: ведь наша планета «функционирует» во Вселенной уже примерно 4,5 миллиарда лет.

Стало быть, если ученые хотели «пощупать» своими руками элемент № 43, его нужно было этими же руками и создавать, поскольку природа давно внесла его в списки пропавших. Но по плечу ли науке такая задача?

Да, по плечу. Это впервые экспериментально доказал еще в 1919 году замечательный английский физик Эрнест Резерфорд. Он подверг ядро атомов азота ожесточенной бомбардировке, в которой орудиями служили все время распадавшиеся атомы радия, а снарядами — образующиеся при этом альфа-частицы. В результате длительного обстрела ядра атомов азота пополнились протонами и он превратился в кислород.

Опыты Резерфорда вооружили ученых необыкновенной артиллерией: с ее помощью можно было не разрушать, а создавать — превращать одни вещества в другие, получать новые элементы.

Так почему бы не попытаться добыть таким путем элемент № 43? За решение этой проблемы взялся

молодой итальянский физик Эмилио Сегре. В начале 30-х годов он работал в Римском университете под руководством уже тогда знаменитого Энрико Ферми. Вместе с другими «мальчуганами» (так Ферми шутливо называл своих талантливых учеников) Сегре принимал участие в опытах по нейтронному облучению урана, решал многие другие проблемы ядерной физики. Но вот молодой ученый получил заманчивое предложение — возглавить кафедру физики в Палермском университете. Когда он приехал в древнюю столицу Сицилии, его ждало разочарование: лаборатория, которой ему предстояло руководить, была более чем скромной и вид ее отнюдь не располагал к научным подвигам.

Но велико было желание Сегре глубже проникнуть в тайны атома. Летом 1936 года он пересекает океан, чтобы побывать в американском городе Беркли. Здесь, в радиационной лаборатории Калифорнийского университета уже несколько лет действовал изобретенный Эрнестом Лоуренсом циклотрон — ускоритель атомных частиц. Сегодня это небольшое устройство показалось бы физикам чем-то вроде детской игрушки, но в то время первый в мире циклотрон вызывал восхищение и зависть ученых из других лабораторий (в 1939 году за его создание Э. Лоуренс был удостоен Нобелевской премии).

Незаметно подошел к концу срок пребывания Сегре в США. Трудно ему было расставаться с циклотроном — о подобном оборудовании он не мог тогда и мечтать. Незадолго до отъезда ученому пришла в голову интересная мысль: захватить с собой в Италию пластинку молибдена, на которую в течение нескольких месяцев обрушивался мощный поток ускоренных на циклотроне дейтронов — ядер тяжелого водорода (дейтерия). Лоуренс охотно пошел навстречу своему коллеге, и тот вернулся в Палермо с несколькими образцами невзрачного на вид, но драгоценного молибдена.

Зачем же они понадобились Сегре? «У нас были веские основания думать, — писал он впоследствии, — что молибден после бомбардировки его дейтронами должен превратиться в элемент с номером 43...» В самом деле, ведь атом молибдена имеет в своем ядре 42 протона. Если дейтрон, состоящий из протона и нейтрона, сумеет проникнуть в ядро атома молибдена, то в нем окажется уже 43 протона, т. е. как раз столько, сколько должно быть в ядре элемента № 43.



Казалось бы, все просто, но попробуй докажи это экспериментальным путем. Как бы то ни было, в январе 1937 года Сегре и его помощник минералог Карло Перье засучили рукава и приступили к делу,

Прежде всего они выяснили, что заокеанский молибден излучает бета-частицы — быстрые ядерные электроны. Значит, в нем действительно "сидит" радиоактивный изотоп, но какой именно? Это может быть изотоп как самого молибдена, так и других элементов, например циркония, ниобия, рутения или искомого "сорок третьего".

В результате скрупулезного химического "расследования" все элементы, кроме последнего, сумели доказать свою полную непричастность к бета-излучению. После их удаления ученые получили, наконец, долгожданный "эка-марганец". Правда, получили — пожалуй, слишком громко сказано: как выяснилось несколько позднее, они имели дело всего с 0,0000000001 грамма нового вещества. Впрочем, для физиков одна десятиллиардная доля грамма — не так уж и мало: открытие менделевия (№ 101) было зарегистрировано, когда удалось «добыть» всего 17 атомов этого элемента. Для наглядности приведем такой пример: если все атомы железа, содержащиеся в крохотной булавочной головке, равномерно распределить по поверхности земного шара, то на каждом квадратном метре «обоснуется» добрый десяток миллионов(!) атомов.

Но мы несколько отвлеклись от главных событий, которым посвящен наш рассказ. Итак, в июне 1937 года искусственным путем ученым удалось воссоздать первый из «вымерших» на Земле химических элементов. Не мудрствуя лукаво, Э. Сегре и К. Перье назвали сорок третий элемент технецием, что в переводе с греческого («техникос») значит искусственный.

Хотя технеция в руках ученых было, скажем прямо, не густо, они все же сумели определить некоторые свойства нового элемента и убедились, что он родственник рения, причем довольно близкий, а не «седьмая вода на киселе».

Вполне понятно, как велико было желание химиков и физиков всего мира узнать побольше подробностей об искусственном новоселе таблицы Менделеева. Но чтобы изучать технеций, нужно было его иметь. Все понимали, что на облученный молибден рассчитывать не приходилось: слишком беден он был

технецием. Требовалось подобрать более подходящую кандидатуру на роль поставщика этого элемента.



Поиски продолжались недолго: уже в 1940 году все тот же Сегре и его ассистентка Ву Цзянь-сун обнаружили, что один из самых долгоживущих изотопов технеция в довольно солидных количествах присутствует в так называемых «осколках», образующихся при делении урана в результате облучения его нейтронами (этот процесс лежит в основе работы ядерных реакторов). На один килограмм «осколков» приходится несколько граммов технеция — тут уже есть о чем поговорить всерьез. Неудивительно, что ядерные реакторы стали по совместительству своеобразными «фабриками», производящими технеций.

Поначалу продукция этих «фабрик» — тяжелый тугоплавкий серебристо-белый металл — стоила, прямо скажем, дороговато — в тысячи раз дороже золота. Но атомная энергетика развивалась весьма энергично (на то она и энергетика!). С каждым годом «сжигалось» все больше ядерного топлива, и урановые «осколки» постепенно становились не столь дефицитным товаром, как прежде. Цена на технеций начала резко падать. Однако процесс извлечения его из радиоактивных «осколков» очень и очень сложен, поэтому еще в 1965 году каждый грамм «синтетического» металла оценивался на мировом рынке в 90 долларов. Но производство его определялось уже не долями миллиграмма, а десятками и сотнями килограммов, и ученые могли теперь всесторонне изучить его свойства, попытаться определить возможные сферы его будущей деятельности.

Важнейшая профессия технеция определилась довольно быстро: борьба с коррозией. Эта коварная «хищница» наносит человечеству огромный ущерб, безжалостно съедая каждый год десятки миллионов тонн стали. Metallурги, правда, умеют варить нержавеющейую сталь — «блюдо», которое коррозии не по зубам. Но, во-первых, такая сталь значительно дороже обычной; во-вторых, стали всякие нужны, а сделать металл одновременно и нержавеющейим, и, например, износостойким не всегда возможно; наконец, в-третьих, просто не напасть столько хрома и никеля, без которых «нержавейку» не сварить, как не приготовить уху без рыбы. Metallоведы, химики, физики постоянно ищут способы умерить аппетит коррозии, сделать ее менее прожорливой.



Решить антикоррозионную проблему не так-то просто, но успехов на этом поприще уже немало. Ученые обнаружили, в частности, что некоторые вещества обладают ценнейшими свойствами: они делают

поверхность металла химически пассивной и, таким образом, надежно предохраняют изделия от коррозии. Эти вещества получили название ингибиторов (от латинского слова «ингибировать» — тормозить, удерживать). Самым способным из них оказался технеций: он обладает наибольшим ингибирующим эффектом. Если стальную деталь обработать раствором, в котором присутствуют едва уловимые количества пертехнатов (солей технециевой кислоты) — всего сотысячные доли процента, то она окажется неприступной крепостью для ржавчины. Даже значительный нагрев (до 250 °С) не в силах при этом помочь «агрессору».

Немалый интерес представляет еще одно ценное свойство технеция. Известно, что вблизи абсолютного температурного нуля (—273,16 °С) многие металлы становятся сверхпроводниками, т. е. практически перестают оказывать какое бы то ни было сопротивление прохождению электрического тока. Чем выше точка перехода в сверхпроводящее состояние (так называемая критическая температура), тем большие перспективы сулит это свойство технике. В этом отношении у технеция нет конкурентов: он совершенно беспрепятственно проводит ток при 8,24 К (—264,92° С), в то время как другим металлам для этого нужно еще немного «поостыть».

Ученые не теряют надежды найти технеций в земной коре, поскольку теоретически можно предположить, что «осколки» урана образуются и в природных кладовых этого элемента; кроме того, не исключена возможность появления технеция в различных горных породах, содержащих молибден, рутений, ниобий: их изотопы под действием космических нейтронов, достигающих Земли, способны превращаться в изотопы элемента № 43.

И все же возлагать большие надежды на нашу планету, пожалуй, не приходится. Вот почему многие исследователи в поисках технеция обратили свой взор (в буквальном смысле) на другие небесные тела. Еще в 1951 году американский астроном Шарлотта Мур опубликовала сенсационное сообщение: спектральным анализом технеций обнаружен на Солнце. Спустя год английский астрофизик Р. Мерилл нашел линии этого элемента в спектре некоторых звезд из созвездий Андромеды и Кита. Правда, дальнейшими исследованиями открытие Мур не подтвердилось, зато существование технеция на далеких звездах неопровержимо доказывали сотни спектрограмм.

Но самое удивительное было в том, что звездные запасы этого элемента оказались вполне сопоставимыми с содержанием циркония, ниобия, молибдена. Может быть, технеций из созвездия Андромеды, в отличие от земного, стабилен и потому распаду не подлежит? Нет, это исключено. Тогда, возможно, звезды, о которых идет речь, намного моложе земли и технеций еще просто не успел превратиться в другие элементы? И такая версия отпадает, потому что эти звезды и наша планета принадлежат к одному «поколению».

В таком случае напрашивается единственный вывод: внутри некоторых небесных тел технеций образуется и в настоящее время. Как это происходит, наука еще не может точно объяснить, а лишь выдвигает ряд гипотез. Видимо, в процессе эволюции звезд в их недрах непрерывно протекают термоядерные реакции и в результате на свет рождаются различные химические элементы.

Вполне возможно, что где-то в просторах Вселенной, за тридевять галактик от Земли, затерялась пока неведомая ученым планета. Кое-где на ее поверхности встречается застывшая лава — вулканы выбросили из недр очередную порцию «свежеприготовленного» технеция. А может быть там и динозавры разгуливают?..



ШУТКА АНГЛИЙСКОГО УЧЕНОГО (ПАЛЛАДИЙ)



Роковое утро. — Странное объявление. — Любопытство — не порок. — Мошенник будет разоблачен! — Как сорвать куш? — Тайное становится явным. — Фиаско Ченевикса. — Богиню звали Афиной Палладой. — Поручение испанского правительства. — Не густо! — Скромная роль. — Есть ли пятна на Солнце? — Все в мире относительно. — Белое золото. — Полезные связи. — Броня крепка. — На внешней орбите. — Палладий творит чудеса. — Все довольны. — Информация к размышлению. — Сиреневый сплав. — Две медали.

В тот день Ричард Ченевикс — преуспевающий английский химик — проснулся раньше обычного. За окном висели тяжелые, мокрые насквозь тучи. Дождь, беззастенчиво тарахтевший всю ночь напролет, продолжал лить как из ведра, словно желая проверить водонепроницаемость лондонских крыш. Казалось, небеса решили выплеснуть на землю всю накопленную ими влагу.

Может быть, нам не следовало уделять столько внимания атмосферным осадкам, которыми, как

известно, богат Туманный Альбион, если бы именно в это слякотное утро 1803 года не произошло событие, в конце концов приведшее к тому, что научная репутация Ченевикса оказалась подмоченной.

Просматривая за чашкой кофе свежие газеты, Ченевикс наткнулся на странное объявление, сообщавшее, что в магазине мистера Форстера — коллекционера и торговца минералами — можно по сходной цене приобрести новый металл — палладий, о котором еще вчера не слышал ни один химик мира.

Что это: шутка, научная мистификация или рекламный трюк? И хотя Ченевиксу было совершенно ясно, что ни о каком новом металле здесь не могло быть и речи, любопытство взяло свое: несмотря на непогоду, он все же отправился по указанному адресу.

К его великому удивлению Форстер действительно показал слиточек металла, по внешнему виду напоминавшего платину, но значительно более легкого. Он рассказал, что несколько дней назад получил письмо, написанное красивым почерком на дорогой бумаге. Анонимный корреспондент предлагал владельцу магазина попытаться продать небольшое количество неизвестного ранее металла, который был приложен к письму. Более Форстер ничего не мог сказать. Ченевикс решил купить слиточек, чтобы потом, проанализировав его, публично высмеять наглого лжехимика, который якобы открыл новый металл. Не грех было заодно и проучить торговца, принявшего участие в этой возмутительной фальсификации.

О своем намерении ученый оповестил коллег, и те с нетерпением ожидали результатов анализа. Вскоре Ченевикс выступил с сообщением, что так называемый палладий вовсе «не новый элемент, как постыдно заявлялось», а всего-навсего сплав платины со ртутью. Казалось бы, мошенническая проделка разоблачена, но как ни старались после этого другие химики обнаружить в палладии платину и ртуть, им это не удавалось. В чем же дело? Уязвленный Ченевикс поспешил объяснить и этот факт: по его мнению, причина крылась в том, что ртуть в сплаве очень прочно связана с платиной и разделить их практически невозможно. Более того, он даже указал рецепт приготовления сплава.

Страсти, разгоревшиеся вокруг нового металла, со временем начали утихать, как вдруг в одном из научных журналов появилось объявление, в котором предлагалась немалая премия (20 фунтов стерлингов!) тому, кто в течение года сможет приготовить палладий из платины и ртути по рецепту Ченевикса или любым иным способом. Желающих сорвать куш оказалось немало, но год прошел, а ни сам Ченевикс, ни кто-либо другой так и не обрели право на премию.

Спустя некоторое время после истечения назначенного срока, в 1804 году, на заседании Лондонского королевского общества (игравшего роль Академии наук) его секретарь, известный врач и химик Уильям Гайд Волластон, доложил, что при анализе платины он обнаружил в ней металл с теми же свойствами, что у палладия, купленного за год до этого Ченевиksom, и, кроме того, еще один новый металл, названный родием. А в начале 1805 года в том же журнале, где было помещено объявление о премии, Волластон опубликовал открытое письмо, в котором признался, что не кто иной, как он создал ажиотаж вокруг открытого им палладия: именно он предложил Форстеру для продажи слиточек нового металла и он же пообещал раскошелиться на 20 фунтов стерлингов.

Трудно сказать, чем руководствовался Волластон, столь необычным путем оповестивший мир о своем открытии. Для Ченевикса же все это означало полное фиаско. Потрясенный неудачей, он вскоре после описанных событий вообще забросил занятия химией.

Назвав новый металл палладием, Волластон тем самым отдал дань уважения совершенному в 1802 году астрономическому открытию немецкого ученого Г. Ольберса, обнаружившего в солнечной системе неизвестную ранее малую планету (или астероид), которую он окрестил Палладой в честь древнегреческой богини мудрости Афины Паллады.



Спустя четверть века в издаваемом в России «Горном журнале» появилось следующее сообщение: «В 1822 году Г. Бреан имел поручение от испанского правительства очистить и обратить в слитки всю платину, собранную в Америке в течение многих лет. При сем случае, обрабатывая более 61 пуда сырой платины, отделил он два с четвертью фунта палладия, металла, открытого Волластоном и по чрезвычайной редкости своей ценимого в пять с половиной раз выше золота».

Сегодня, когда с относительной точностью подсчитано содержание всех элементов в земной коре, известно, что палладия в ней примерно в десять раз больше, чем золота. Однако общие запасы палладия, как и других металлов платиновой группы, довольно скудны — всего $5 \cdot 10^{-6}$ %, хотя геохимики могут назвать около 30 минералов, в которые входит этот элемент. В отличие от других платиноидов, палладий, как и сама платина, встречается также в самородном состоянии. Как правило, при этом он содержит примеси платины, иридия, золота, серебра. Нередко палладий и сам находится в природе в виде примеси к самородной платине или золоту. В Бразилии, например, найдена редчайшая разновидность самородного золота (порпечит), в котором содержится 8—11% палладия.

Поскольку россыпные месторождения палладия довольно редки, основным сырьем для его получения служат сульфидные руды никеля и

меди. Палладию, правда, принадлежит при этом скромная роль побочного продукта переработки руд, но он от этого не становится менее ценным. Крупными залежами таких руд располагают Трансвааль и Канада. А сравнительно недавно советские геологи нашли в районе Норильска обширные месторождения медно-никелевых руд, для которых характерно присутствие платиновых металлов, главным образом палладия.

Этот элемент имеется не только на нашей планете — «водится» он и на других небесных телах, о чем свидетельствует состав метеоритов. Так, в железных метеоритах на тонну вещества приходится до 7,7 грамма палладия, а в каменных — до 3,5 грамма. То, что на Солнце есть пятна, известно всем. А вот то, что на Солнце есть палладий, знают, видимо, далеко не все. Ученые обнаружили там палладий одновременно с гелием, еще в 1868 году.

Несмотря на то, что палладий примерно в полтора раза тяжелее железа, среди своих «коллег»-платиноидов он прослыл легковесным: по плотности (12 г/см^3) он значительно уступает осмию (22,5), иридию (22,4), платине (21,45). Плавится он также при более низкой температуре (1552 °С), чем другие металлы платиновой группы. Палладий легко обрабатывается даже при комнатной температуре. А поскольку он довольно красив, отлично полируется, не тускнеет и не корродирует, ювелиры охотно взяли его в работу: из него изготавливают, например, оправы для драгоценных камней.

Мы уже привыкли к таким газетным штампам, как «черное золото» — так величают нефть, «мягкое золото» — мех, «зеленое золото» — лес. Когда говорят о «белом золоте», обычно подразумевают хлопок. Но, оказывается, золото может быть белым в самом прямом смысле: даже небольшие добавки палладия снимают «с лица» золота желтизну и придают ему красивый белый оттенок. Часы, оправы для драгоценных камней, браслеты из белого золота очень эффектны.



Весьма приятным оказалось знакомство с палладием и для титана. Известно, что этому металлу присуща высокая коррозионная стойкость: даже такие всеядные «хищники», как царская водка или азотная кислота, не могут «полакомиться» титаном, однако под действием концентрированных соляной и серной кислот он все же вынужден корродировать. Но если его немного «витаминизировать» палладием (добавка меньше 1 %), то способность титана сопротивляться этим окислителям резко возрастает. Такой сплав уже освоен нашими заводами: из него изготавливают аппаратуру для химической, атомной, нефтяной промышленности. За год пребывания в соляной кислоте пластинка из нового сплава теряет всего 0,1 миллиметра своей толщины, в то время как чистый титан за тот же срок «худеет» на 19 миллиметров. Раствору хлорида кальция сплав совсем не по зубам, а титану без примеси палладия приходится отдавать этому агрессору ежегодную дань — более двух миллиметров.

Каким же образом палладию удастся столь благотворно влиять на титан? Причиной этого оказалось обнаруженное недавно учеными явление так называемой самопассивации (самозащиты) металлов: если в сплавы на основе титана, железа, хрома или свинца ввести буквально микродозы благородных металлов — палладия, рутения, платины, то стойкость сплавов против коррозии повышается в сотни, тысячи и даже десятки тысяч раз.

В лаборатории коррозии сплавов Института физической химии Академии наук СССР ученые испытали действие палладия на хромистую сталь. Детали из этого материала разъедаются многими кислотами за несколько дней. Дело в том, что положительные ионы металла при этом переходят в раствор кислоты, а из раствора в кристаллическую решетку металла проникают ионы водорода, которые охотно соединяются со свободными электронами. Образовавшийся водород выделяется и разрушает сталь. Когда же в кислоту погрузили деталь из той же стали, но с «гомеопатической» добавкой палладия (доли процента), коррозия металла продолжалась всего... несколько секунд, а затем кислота оказалась бессильной. Исследование показало, что кислота взаимодействует в первую очередь с палладием и тут же поверхность стали покрывается тончайшей окисной пленкой — деталь как бы надевает на себя защитную рубашку. Такая «броня» делает сталь практически неуязвимой: скорость ее коррозии в кипящей серной кислоте не превышает десятых долей миллиметра в год (прежде она достигала нескольких сантиметров).

Сам палладий тоже легко попадает под влияние некоторых других элементов: стоит ввести в него, например, небольшое количество родственных металлов — рутения (4 %) и родия (1%), как его прочность на

растяжение повышается примерно вдвое.

Сплавы палладия с другими металлами (главным образом серебром) используют в зубоорудной технике — из него делают отличные протезы. Палладием покрывают особо ответственные контакты электронной техники, телефонных аппаратов и других электротехнических приборов. Из палладия изготавливают фильеры — колпачки с множеством мельчайших отверстий: в производстве тончайшей проволоки или искусственных волокон через эти отверстия продавливают специально подготовленную массу. Палладий служит материалом для термопар и некоторых медицинских инструментов.

Но, пожалуй, наибольший интерес представляют уникальные химические свойства палладия. В отличие от всех элементов, известных сегодня науке, он имеет на внешней орбите атома 18 электронов: иными словами, его наружная электронная оболочка заполнена до предела. Такое строение атома обусловило исключительную химическую стойкость палладия: даже всеокрушающий фтор при обычных условиях опасен для него не более, чем для слона комариный укус. Только призыв на помощь высокие температуры (500 °C и более), фтор и другие сильные окислители могут вступить во взаимодействие с палладием.



Палладий способен поглощать или, выражаясь языком физиков и химиков, окклюдировать в больших количествах некоторые газы, главным образом водород. При комнатной температуре кубический сантиметр палладия в состоянии поглотить примерно 800 «кубиков» водорода. Разумеется, такие эксперименты не проходят для металла бесследно: он разбухает, вспучивается, дает трещины.



Не менее удивительно и другое свойство палладия, также связанное с водородом. Если, допустим, изготовить из палладия сосуд и наполнить его водородом, а затем, закупорив, нагреть, то газ преспокойно начнет вытекать через... стенки сосуда, как вода через решето. При 240 °C за одну минуту через каждый квадратный сантиметр палладиевой пластинки толщиной в миллиметр проходит 40 кубических сантиметров водорода, а с повышением температуры проницаемость металла становится еще более значительной.

Как и другие платиновые металлы, палладий служит отличным катализатором. Это свойство в сочетании со способностью пропускать водород лежит в основе явления, открытого недавно группой московских химиков. Речь идет о так называемом сопряжении (взаимном ускорении) двух реакций на одном катализаторе, в роли которого выступает палладий. Реакции при этом как бы помогают друг другу, а вещества, принимающие в них участие, не перемешиваются.

Представьте себе аппарат, герметически разделенный тонкой палладиевой перегородкой (мембраной) на две камеры. В одной из них находится бутилен, в другой — бензол. Жадный до водорода палладий вырывает его из молекул бутилена, газ проходит через мембрану в другую камеру и там охотно соединяется с молекулами бензола. Бутилен, у которого отняли водород, превращается в бутадиен (сырье для производства синтетического каучука), а бензол, поглотив водород, становится циклогексаном (из него изготавливают капрон и нейлон). Присоединение водорода к бензолу протекает с выделением тепла; значит, чтобы реакция не прекратилась, тепло нужно все время отводить. Зато бутилен готов отдать свой водород лишь «в обмен» на некоторое количество джоулей. Поскольку обе реакции проходят «под одной крышей», все тепло, образующееся в первой камере, тут же используется в другой. Эффективное сочетание этих химических и физических процессов становится возможным благодаря тоненькой палладиевой пластинке.

С помощью мембранных палладиевых катализаторов можно также получать из нефтяного сырья и попутных газов сверхчистый водород, необходимый, например, для производства полупроводников и особо чистых металлов.

В наши дни палладий сравнительно дешев — его цена в пять раз меньше, чем платины. Немаловажное

обстоятельство! Оно позволяет надеяться, что работы для этого металла будут с каждым годом все больше и больше. А помогут ему найти новые сферы деятельности электронные вычислительные машины. Решение подобных задач по плечу ЭВМ, конечно, при условии, что ученые обеспечат их необходимой «информацией к размышлению».

Сегодня уже никого не удивит тем, что ЭВМ играют в шахматы, управляют технологическими процессами, переводят с иностранных языков, рассчитывают траектории полета космических кораблей. А почему бы не вменить в обязанности ЭВМ создание новых сплавов, обладающих уникальными свойствами?

Такую проблему поставили перед собой несколько лет назад ученые Института металлургии имени А. А. Байкова Академии наук СССР. Прежде всего им предстояло найти общий язык с машиной, на котором можно было бы отдавать ей команды. И такой язык — нужные алгоритмы — ученым удалось разработать. В блок памяти ЭВМ «Минск-22» были введены результаты исследований примерно 1500 различных сплавов и, кроме того, «анкетные данные» металлов — электронное строение их атомов, температуры плавления, типы кристаллических решеток и многие другие сведения, характерные для каждого из металлов. Зная все это, машина должна была предсказать, какие неизвестные ранее соединения могут быть получены, указать их основные свойства, а значит, и подобрать подходящие для них области применения.

Представьте себе, что эти задачи решались бы, как и прежде, «ручным» способом — путем обычных экспериментов. Это значило бы, что к каждому металлу нужно добавить различные количества другого металла, выбранного по тем или иным соображениям, из полученных сплавов приготовить образцы, затем подвергнуть их физическим и химическим исследованиям, и т. д. Ну, а если задаться целью изучить все возможные комбинации не двух, а трех, четырех, пяти компонентов? Такая работа заняла бы десятки, а то и сотни лет. К тому же для проведения опытов понадобилось бы огромное количество металлов, многие из которых дороги и дефицитны. Вполне возможно, что земных запасов таких редких элементов, как, например, рений, индий, палладий, на подобные эксперименты попросту бы не хватило.

Электронной вычислительной машине пищей для ума служат цифры, символы, формулы, да и «производительность труда» у нее повыше: за считанные мгновения она в состоянии выдать огромную научную информацию.

В результате кропотливой работы, проведенной под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР Е. М. Савицкого, удалось сначала предсказать с помощью ЭВМ, а затем и получить в натуре многие интересные материалы. Одними из первых соединений, рожденных ЭВМ, были сплавы палладия, в том числе необычайно красивый сиреневый сплав палладия с индием. Но главное, разумеется, не в цвете. Гораздо важнее деловые качества новых «работников». И они, надо сказать, на высоте. Так, созданный институтом сплав палладия с вольфрамом позволил более чем в 20 раз повысить надежность и срок эксплуатации многих электронных приборов.

«Прогноз с помощью ЭВМ, — говорит Е. М. Савицкий, — конечно, не делается для сплавов, которые можно получить простым смешением компонентов, но там, где нужны сложные соединения и требуется получить сплавы, выдерживающие огромные давления и сверхвысокие температуры, противостоящие магнитным и электрическим полям, там помощь ЭВМ необходима». Машина подсказала уже ученым около восьмисот новых сверхпроводящих соединений и почти тысячу сплавов со специальными магнитными свойствами. Кроме того ЭВМ порекомендовала металловедам обратить внимание примерно на пять тысяч соединений редкоземельных металлов из которых пока известна лишь пятая часть. Ценные указания получены от машины и в отношении трансурановых элементов.

По мнению Е. М. Савицкого, «возможности синтеза неорганических соединений безграничны. На их основе уже в ближайшие годы число полученных соединений может быть увеличено в десятки раз. И несомненно среди них будут находиться вещества с совершенно новыми и редкими физическими и химическими свойствами, необходимыми для народного хозяйства и новой техники».

В заключение расскажем о двух медалях, изготовленных из палладия. Первая из них, носящая имя Волластона, была учреждена Лондонским геологическим обществом полтора века назад. Сначала медаль чеканили из золота, но после того, как в 1846 году английский металлург Джонсон извлек из бразильского палладистого золота чистый палладий, ее изготавливают только из этого металла. В 1943 году медаль имени Волластона была присуждена замечательному советскому ученому академику А. Е. Ферсману и хранится сейчас, в Государственном историческом музее СССР. Вторую палладиевую медаль, присуждаемую за выдающиеся работы в области электрохимии и теории коррозионных процессов, учредило Американское электрохимическое общество. В 1957 году этой наградой были отмечены труды крупнейшего советского электрохимика академика А. И. Фрумкина.

ПО ИМЕНИ ФИНИКИЙЦА КАДМА (КАДМИЙ)



Строгий ревизор. — Загадочная желтизна. — Повествуют мифы. — Покушения на приоритет. — Крик души. — Надежное алиби. — Кадмиевое «покрывало». — Нежеланный гость. — «Усы» входят в моду. — Прочная паутина. — Отрицательный герой. — Лунная бритва. — Сердце бьется чаще. — Чьи отпечатки пальцев? — Трио в работе. — Ну, а вдруг? — Служба на периферии. — Огни маяков. — Лебедь, рак и щука. — Бешеные цены. — «Made in cosmos». — Негативная сторона. Большая редкость.

Все началось с ревизии. Но любителей детективного жанра ждет горькое разочарование: в описываемой истории ревизия привела не к раскрытию преступной шайки жуликов, а к... открытию нового химического элемента.

Дело происходило в Германии в начале прошлого века. Окружной врач Ролов, ревизуя по долгу службы аптеки своего округа, обнаружил во многих из них препараты с окисью цинка, которая показалась ему подозрительной: ее внешний вид позволял предположить, что она содержит мышьяк. А поскольку репутация этого элемента и сейчас далеко не безупречна (до сих пор, например, многие историки считают мышьяк «виновником» смерти Наполеона), Ролов запретил продажу этих препаратов и подверг изъятую окись цинка проверке. Первые же опыты вроде бы свидетельствовали, что бдительный врач не зря поднял тревогу: при взаимодействии раствора этой окиси цинка и сероводорода выпадал желтый осадок, очень напоминавший сульфид мышьяка. Но владелец фабрики, изготовлявшей злополучные препараты, некто Герман, не пожелал сдаваться без боя. Будучи по профессии химиком, он тщательно проверил свою продукцию на присутствие мышьяка всеми известными тогда методами. Результаты анализов явно опровергли мнение Ролова, и Герман обратился к местным властям с просьбой «реабилитировать» его ни в чем не повинные препараты.



Прежде чем окончательно разрешить возникший спор, власти земли Ганновер сочли нужным выяснить мнение профессора Штрмейера, возглавлявшего кафедру химии Геттингенского университета, а по совместительству занимавшего пост генерального инспектора всех ганноверских аптек.

Из Шенебека, где находилась фабрика Германа, в Геттинген были присланы образцы цинковых соединений, и генеральный инспектор приступил к исполнению роли арбитра в споре между окружным врачом и фабрикантом. Чтобы получить окись цинка, в Шенебеке прокаливали углекислый цинк. Штрмейер проделал ту же операцию и к своему удивлению обнаружил, что образовавшееся соединение имеет желтый цвет, а окись цинка «по правилам» должна быть белой.

Какова же причина этой незапланированной желтизны? Герман объяснял ее присутствием примеси железа. Ролов же утверждал, что во всем виноват мышьяк. Проведя полный анализ карбоната цинка, Штрмейер обнаружил новый металл, очень сходный с цинком, но легко отделяемый от него с помощью сероводорода. Ученый назвал металл кадмием, подчеркнув тем самым его «родственные связи» с цинком: греческое слово «кадмея» с древних времен означало «цинковая руда». Само же слово, по преданию,



происходит от имени финикийца Кадма, который будто бы первым нашел цинковый камень и подметил его способность придавать меди при выплавке ее из руды золотистый цвет. Это же имя носил герой древнегреческой мифологии: по одной из легенд, Кадм победил в тяжелом поединке Дракона и на его землях построил крепость Кадмею, вокруг которой затем вырос семивратный город Фивы.

В 1818 году Фридрих Штрмейер опубликовал подробное описание нового металла, а уже вскоре состоялось несколько «покушений» на его приоритет в открытии кадмия. Первое из них совершил знакомый нам Ролов, однако его притязания были отвергнуты как несостоятельные. Чуть позже Штрмейера, но независимо от него тот же элемент открыл в цинковых рудах Силезии немецкий химик Керстен, предложивший назвать элемент мелинумом (что означает «желтый, как айва») — по цвету его сульфида. На след кадмия напали еще двое ученых — Гильберт и Джон. Один из них предложил именовать элемент юнонием (по названию открытого в 1804 году астероида Юноны), а другой — клапротием (в честь скончавшегося в 1817 году выдающегося немецкого химика Мартина Генриха Клапрота — первооткрывателя урана, циркония, титана). Но как ни

велики заслуги Клапрота перед наукой, его имени не суждено было закрепиться в списке химических

элементов: кадмий остался кадмием.

В чистом виде — это довольно тяжелый (тяжелее железа) мягкий металл. Если пруток кадмия приложить к уху и согнуть, то можно услышать характерный треск, вызываемый деформацией кристаллов металла. Такой же звуковой эффект наблюдается и у олова («оловянный крик»).

Сравнительно невысокая температура плавления (321 °С) обусловила широкое применение кадмия в качестве компонента легкоплавких сплавов. К их числу относится, например, сплав Вуда (12,5% кадмия), который был разработан еще в 1860 году не очень известным английским инженером Вудом; часто это изобретение ошибочно приписывают его однофамильцу — знаменитому американскому физика, но у того есть более чем надежное «алиби»: в момент создания сплава его просто не было на нашей планете — он родился лишь восемь лет спустя. Легкоплавкие сплавы используют как припой, как материал для получения тонких и сложных отливок, в автоматических противопожарных системах, для спайки стекла с металлом.

Кадмиевые сплавы обладают хорошими антифрикционными свойствами. Так, сплав, состоящий из 99 % кадмия и 1 % никеля, применяют для изготовления подшипников, работающих в автомобильных, авиационных и судовых двигателях. Чтобы устранить вредное влияние органических кислот, содержащихся в смазочных материалах, подшипниковые сплавы на основе кадмия иногда покрывают тончайшим слоем индия. В свою очередь кадмиевое покрытие надежно предохраняет железные и стальные изделия от атмосферной коррозии. Раньше для кадмирования металл погружали в расплавленный кадмий: сейчас этот процесс осуществляют только электролитическим путем. Кадмированию подвергают наиболее ответственные детали самолетов, кораблей, а также различные изделия, предназначенные для «несения службы» в условиях тропического климата. Любопытно, что кадмиевые покрытия особенно добросовестно выполняют свои «обязанности» на лоне природы: в сельской местности их коррозионная стойкость заметно выше, чем в промышленных районах. Весьма положительную репутацию в ряде областей техники снискала кадмированная жечь, однако ввиду токсичности кадмия в пищевую промышленность ей вход строго воспрещен. В некоторых странах это запрещение возведено даже в ранг закона.

До недавних пор у кадмиевых покрытий имелся недуг, время от времени дававший о себе знать. Дело в том, что при электролитическом нанесении кадмия на стальную деталь в металл может проникнуть содержащийся в электролите водород. Этот весьма нежеланный гость вызывает у высокопрочных сталей опасное «заболевание» — водородную хрупкость, приводящую к неожиданному разрушению металла под нагрузкой. Получалось, что, с одной стороны, кадмирование надежно предохраняло деталь от коррозии, а с другой — создавало угрозу преждевременного выхода детали из строя. Вот почему конструкторы часто были вынуждены отказываться от «услуг» кадмия.

Ученым Института физической химии Академии наук СССР удалось устранить эту «болезнь» кадмиевых покрытий. В роли лекарства выступил титан. Оказалось, что, если в слое кадмия на тысячу его атомов приходится всего один атом титана, стальная деталь застрахована от возникновения водородной хрупкости, поскольку титан ухитряется в процессе нанесения покрытия вытянуть из стали весь водород.



С кадмированием связана важная веха в биографии так называемых нитевидных кристаллов. Еще во время второй мировой войны было зафиксировано немало случаев, когда по непонятным причинам выходили из строя различные электронные устройства. Как удалось установить, виновниками неполадок оказывались мельчайшие (диаметром 1—2 микрона) кристаллики олова или кадмия, которые вырастали иногда на поверхности стальных деталей, покрытых слоем одного из этих металлов.

Чтобы успешно бороться с нитевидными кристаллами, или «усами» (так начали называть вредную металлическую «растительность»), нужно было их как следует изучить. Усы стали объектом многочисленных исследований, и вскоре выяснилось (поистине нет худа без добра), что они обладают колоссальной прочностью — близкой к теоретически возможной. Такое уникальное свойство сразу переменяло отношение к усам. Вскоре были разработаны эффективные методы выращивания тончайших кристаллов для использования во многих областях техники. С тех пор в лабораториях ряда стран выращены кристаллы-нити сотен элементов и соединений, но самое почетное место среди них навсегда оставлено за оловянными и кадмиевыми усам, которые первыми всерьез заинтересовали собой научный мир.

Миллионами километров медной проволоки опутаны наши города: благодаря этой «паутине» бойко курсируют по городским улицам троллейбусы и трамваи. Но при этом их токоснимающие устройства безжалостно истирают медь проводов.

На помощь приходит кадмий: небольшие добавки этого элемента (около 1%) значительно повышают прочность и твердость меди, практически не ухудшая ее электрических свойств. Даже на самых оживленных транспортных магистралях такие провода служат бесценно долгие годы.

Современная техника немыслима без электрических аккумуляторов. Космические корабли и подводные лодки, автомобили и радиоприемники, телефонные и телеграфные устройства, шахтные

светильники и слуховые аппараты, фотовспышки и приборы аварийного освещения — впрочем перечислить все области применения электрических аккумуляторов так же «просто», как пересчитать звезды на небе. Эти несложные приборы, состоящие из двух электродов, погруженных в раствор электролита, накапливают электрическую энергию, превращая ее в химическую, и по мере надобности вновь преобразуют ее в электрический ток. Широкое распространение получили кадмиево-никелевые аккумуляторы. Роль отрицательного «героя» (точнее, электрода) в них выполняют железные сетки с губчатым кадмием, а положительные пластины покрыты окисью никеля; электролитом служит раствор едкого кали. Такие источники тока отличаются высокими электрическими характеристиками, большой надежностью, длительным сроком эксплуатации, а их подзарядка занимает всего 15 минут.

Несколько лет назад одна из фирм США сконструировала бритву с турболучевым приводом, энергию которой сообщают три компактные кадмиево-никелевые батарейки. По сообщениям американской печати, новинкой заинтересовалось Национальное управление по исследованию космического пространства: предполагалось, что космонавты возьмут эту бритву в экспедицию на Луну.

Еще более интересное и несомненно очень полезное применение нашли кадмиево-никелевым батарейкам врачи. Введенные в грудную клетку людей, страдающих сердечной недостаточностью, эти миниатюрные «электростанции» обеспечивают энергией механический стимулятор работы сердца. Но ведь батарейка не может работать вечно — время от времени ее нужно перезаряжать. Неужели каждый раз больной должен ложиться на операционный стол? Разумеется, нет. Для бесперебойной службы батарейки достаточно раз в неделю надевать всего на полтора часа специальную намагниченную куртку. Уже тысячи человек на собственном опыте убедились в достоинствах новых стимуляторов сердечной деятельности.

Недавно кадмий был «принят на службу» английскими криминалистами: с помощью тончайшего слоя этого металла, напыленного на обследуемую поверхность, удается быстро выявить четкие отпечатки пальцев преступника.



Соединения кадмия — «ведущие исполнители» в так называемом нормальном элементе Вестона— своеобразном эталоне электродвижущей силы (э. д. с.). В нем «трудятся» амальгама кадмия, кристаллы его сульфата и водный раствор этой соли. Значения э. д. с. такого прибора при комнатной температуре колеблются в очень узких пределах.

Середина XX века — время удивительных научных открытий, небывалого технического прогресса. Одно из самых значительных достижений человеческого разума — покорение энергии атома. Для овладения фантастическими силами, таящимися в атомном ядре, нужны были не только гениальные мысли, но и материалы с уникальными свойствами. В числе немногих металлов, на которые обратили внимание конструкторы ядерных реакторов, оказался кадмий.

Какие же функции выполняет этот элемент в атомной энергетике? Подобно тому как автомобиль не обходится без тормозов, реактор не может работать без регулирующих стержней, увеличивающих или уменьшающих поток нейтронов. Чтобы началась реакция, стержни медленно поднимают, предоставляя нейтронам возможность свободно "резвиться" в атомном котле. Но если они при этом «теряют чувство меры», т. е. процесс становится слишком интенсивным, стержни вновь погружают в активную зону: нейтроны оказываются как бы взаперти, и реакция затормаживается.

В каждом реакторе «по штатному расписанию» предусмотрен также массивный аварийный стержень, который приступает к делу в том случае, если регулирующие стержни почему-либо не справляются с возложенными на них обязанностями. Ну, а вдруг и он откажет? Такой случай произошел на одном из американских реакторов (в штате Калифорния). Из-за каких-то конструктивных неполадок аварийный стержень не смог своевременно погрузиться в котел — цепная реакция стала неуправляемой, возникла серьезная авария. Реактор с разбушевавшимися нейтронами представлял огромную опасность для окрестного населения. Пришлось срочно эвакуировать людей из опасной зоны, пока ядерный «костер» не погас. К счастью, обошлось без жертв, но убытки были очень велики, да и реактор на некоторое время вышел из строя. А будь исправен механизм аварийного стержня, нейтроны удалось бы утихомирить в считанные мгновения.

Главное требование, предъявляемое к материалу регулирующих и аварийных стержней, —

способность поглощать нейтроны, а кадмий—один из «крупнейших специалистов» в этой области. С одной только оговоркой: если речь идет о тепловых нейтронах, энергия которых очень мала (она измеряется сотыми долями электрон-вольта). В первые годы атомной эры ядерные реакторы работали именно на тепловых нейтронах и кадмий долгое время считался «первой скрипкой» среди стержневых материалов. Позднее, правда, ему пришлось уступить ведущую роль бору и его соединениям. Но для кадмия физики-атомщики находят все новые и новые сферы деятельности: так, например, с помощью кадмиевой пластинки, устанавливаемой на пути нейтронного пучка, исследуют его энергетический спектр, определяют, насколько он однороден, какова в нем доля тепловых нейтронов.

Если атомная энергетика — своего рода эпицентр современной техники, то лакокрасочная промышленность — всего лишь ее периферия. Но и тут кадмий работает так же добросовестно, как и на «ответственных постах» в ядерных реакторах. Еще в прошлом веке сульфид этого элемента использовали в качестве минерального красителя. В «Технической энциклопедии», изданной в начале нашего века, приведена следующая справка: «...светлые желтые тона, начиная от лимонно-желтого, получают из чистых слабокислых и нейтральных растворов серноокислого кадмия, а при осаждении раствором сернистого натрия получают тона более темно-желтые. ...Тем или другим способом можно получить кадмиевую желть шести оттенков, начиная от лимонно-желтого до оранжевого... Краска эта в готовом виде имеет очень красивый блестящий желтый цвет. Она довольно постоянна к слабым щелочам и кислотам, а к сероводороду совершенно нечувствительна; поэтому она смешивается в сухом виде с ультрамаринном и дает прекрасную зеленую краску, которая в торговле называется кадмиевой зеленью... Будучи смешана с олифой, она идет как масляная краска в малярном деле; очень хорошо укрывиста, но вследствие большой рыночной цены (фунт стоит от 5 до 6,50 руб.) она большей частью идет в живописи как масляная или акварельная краска, а также и для печатания. Благодаря ее большой огнеупорности употребляется для живописи по фарфору».

Ампула красителя сульфид кадмия сохранил и в последующие годы. С почтением относились к кадмиевой краске вагоностроители, которые многие годы красили ею железнодорожные пассажирские вагоны. Объяснялось это не столько тем, что она «очень хорошо укрывиста», сколько ее высокой стойкостью против «дурного влияния» паровозного дыма. В последнее время сравнительно дорогой чистый сульфид кадмия часто заменяют более дешевыми красителями — кадмопоном и цинко-кадмиевым литопоном; последний имеет приятный цвет — кремовый или слоновой кости.

У пиротехников сульфид кадмия пользуется популярностью благодаря его способности создавать синее пламя, а при соответствующих добавках — голубое и фиолетовое. Но этим не исчерпываются «творческие возможности» кадмиевых соединений: селенид этого элемента применяют как красную краску; ему же обязаны своим рубиновым цветом звезды московского Кремля. Словом, кадмий имеет «дружеские связи» со всеми цветами радуги. Кадмиевые пигменты используют для окраски резины, тканей, пластических масс, синтетических волокон.

Уже знакомые вам соли кадмия — сульфид и селенид — известны также своими полупроводниковыми свойствами. Ученые полагают, что кристаллам сульфида кадмия суждено сыграть важную роль в развитии электроники, ядерной физики, акустики (в частности, для усиления ультразвука).

Вполне возможно, что сульфид кадмия сыграет важную роль и в преобразовании солнечной энергии в электрическую. Над этой интересной проблемой работают ученые различных стран. Ведь из огромного количества энергии, посылаемой Солнцем на Землю, человек использует сегодня лишь 0,001%. Что и говорить, маловато! Не случайно замечательный французский физик Фредерик Жолио-Кюри, посвятивший свою жизнь извлечению энергии из недр атома, считал, что «решение проблемы использования солнечной энергии для человечества важнее, чем покорение атомного ядра». Уже созданы солнечные элементы, аккумулирующие лучи небесного светила и преобразующие их в электроэнергию. Такие элементы устанавливают, например, на космических аппаратах. На солнечное «обслуживание» переведены маяки Камчатки и Курильских островов. Достаточно двух-трех месяцев безоблачной погоды, чтобы маяки, заряженные энергией Солнца, светили целый год. Наибольшее распространение получили кремниевые элементы, но они очень дороги, и бесплатная энергия Солнца с их помощью заметно возрастает в цене. Физики уже предложили ряд других элементов, которые во много раз дешевле кремниевых. Так, в США изготовлены солнечные элементы в виде тонкой пленки на основе сульфидов кадмия и меди. Правда, коэффициент полезного действия их пока невысок, но специалисты считают, что это дело поправимое.

В последние годы многие технологические эксперименты ставят не в земных лабораториях, а в условиях космического пространства. «Тут (в космосе) можно роскошно производить всевозможные металлургические работы», — говорит один из героев фантастической повести К. Э. Циолковского «Вне Земли». Прошло всего несколько десятков лет, и дерзновенные мечты великого ученого стали реальностью. Невесомость действительно уникальная среда для проведения разнообразных опытов. Однако пропускная способность космических лабораторий пока еще невелика, и поэтому «участников» взвешенных экспериментов приходится придирчиво отбирать из наиболее интересных и перспективных материалов. Кадмию в этом отношении повезло: в программу космического материаловедения было включено получение на борту орбитальной научной станции «Салют-6» на установках «Сплав» и «Кристалл» ряда полупроводниковых веществ, в том числе теллурида и сульфида кадмия, а также тройного соединения кадмий—ртуть—теллур (сокращенно КРТ).

Особый интерес ученых вызывало выращивание в невесомости кристалла КРТ, представляющего собой твердый раствор теллуридов кадмия и ртути. Этот полупроводниковый материал незаменим для изготовления тепловизоров — точнейших инфракрасных приборов, применяемых в медицине, геологии, астрономии, электронике, радиотехнике и многих других важных областях науки и техники. Получить это соединение в земных условиях чрезвычайно трудно: его компоненты из-за большой разницы в плотности ведут себя как герои известной басни И. А. Крылова — лебедь, рак и щука, и в результате вместо однородного сплава получается слоеный «пирог». Ради крохотного кристаллика КРТ приходится выращивать большой кристалл и вырезать из него тончайшую пластинку пограничного слоя, а все остальное идет в отходы. Иначе нельзя: ведь чистота и однородность кристалла КРТ оцениваются в стомиллионных долях процента. Немудрено, что на мировом рынке один грамм этих кристаллов стоит «всего» восемь тысяч долларов.

Вот почему ученые возлагали большие надежды на невесомость, где у компонентов этого вещества нет никаких оснований для раздела объема кристалла: в отсутствие силы тяжести все равны — и легкие, и тяжелые. Ну, а чтобы создать на борту «Салюта» полную «гравитационную тишину», в те часы, когда формировался кристалл, Центр управления полетом не допускал резких движений станции: разворотов, переориентации, включения бортовых двигателей. Да и сами космонавты прекращали на время занятия физкультурой: упражнения на бегущей дорожке и велоэргометре могли помешать кристаллу спокойно расти.

Труды не пропали даром: как показал предварительный анализ доставленных на Землю образцов, в космосе получены достаточно однородные крупные кристаллы с правильной структурой. Пока на промышленные нужды они не пошли — их направили в десятки лабораторий для тщательного исследования. Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что не за горами то время, когда во многих приборах будут работать чудо-кристаллы, рожденные в космосе.

В многогранной деятельности кадмия есть и негативные стороны. Несколько лет назад один из сотрудников службы здравоохранения США установил, что существует прямая связь между смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний и... содержанием кадмия в атмосфере. Этот вывод был сделан после тщательного обследования жителей 28 американских городов. В четырех из них — Чикаго, Нью-Йорке, Филадельфии и Индианополисе — содержание кадмия в воздухе оказалось значительно выше, чем в остальных городах; более высокой была здесь и доля смертных случаев в результате болезней сердца.

Коли враг известен, с ним нужно бороться. Такую задачу поставили перед собой американские ученые. В одной из бухт реки Миссисипи они высадили водные гиацинты, полагая, что с их помощью удастся очистить воду от таких «неблагонадежных» металлов, как кадмий и ртуть. Выбор пал на эти цветы из-за их способности к бурному росту. Насколько эффективен «цветочный» метод, покажет будущее.

Пока медики и биологи определяют, вреден ли кадмий, и ищут пути снижения его содержания в окружающей среде, представители техники принимают все меры к увеличению его производства. Если за всю вторую половину прошлого столетия было добыто лишь 160 тонн кадмия, то в конце 20-х годов нашего века ежегодное производство его в капиталистических странах составляло уже примерно 700 тонн, а в 50-х годах оно достигло 7000 тонн (ведь именно в это время кадмий обрел статус стратегического материала, предназначенного для изготовления стержней атомных реакторов).

Кадмий — весьма редкий и довольно рассеянный элемент. В земной коре его в десятки раз меньше, чем, например, бериллия, скандия, германия, цезия. Уж на что редок индий, но и его природа припасла больше, чем кадмия. К тому же, чтобы сосчитать собственные минералы этого элемента, вполне хватит пальцев на одной руке. Чаше его можно встретить в цинковых, свинцово-цинковых и медно-цинковых рудах. При их переработке в качестве побочного продукта получают кадмий. Но, как вы уже убедились, этот «побочный продукт» играет в технике отнюдь не второстепенные роли.



ТЕЗКА СТРАНЫ ЧУДЕС (ИНДИЙ)



Наполеон готов раскошелиться. — Фортуна поворачивается лицом. — Сколько стоит карандаш? — Приятные хлопоты. — Скрытое становится явным. — Редкая рассеянность. — находка в Аризоне. — Зеркала обманывают модниц. — В Туманном Альбионе. — Пожарники могут спать. — Физики в недоумении. — В подводном царстве. — Подшипники нужно беречь. — Кое-что о зубных пломбах. — «Одеяло» из индия. — Зеленое золото. — Нейтроны любят

счет. — Примесь без примесей. — Чудо-кристалл. — Крепкие объятия. — При чем здесь футбольный мяч? — Желанный гость.

С давних пор в Европе высоко ценилась привозимая из страны чудес Индии ярко-синяя краска «индиго». По чистоте цвета она могла соперничать с синими лучами солнечного спектра. Владельцы текстильных предприятий не скупилась на расходы, чтобы приобрести эту королеву красок, применявшуюся для крашения сукна и других тканей. Когда в конце XVIII века Франция оказалась отрезанной английским военным флотом от Индии и других южных стран, многие заморские товары, в том числе и знаменитая краска «индиго», стали весьма дефицитными. Наполеон, желавший сохранить для своей армии традиционные темно-синие мундиры, пообещал колоссальную премию — миллион франков! — тому, кто найдет способ получения чудесной краски из европейского сырья.

Мы не случайно начали рассказ об одном из редких металлов—индий—с упоминания о краске «индиго»: ведь именно ей элемент № 49 обязан своим названием.

В 1863 году в химической лаборатории маленького немецкого городка Фрейберга профессор Фердинанд Рейх и его ассистент Теодор Рихтер занимались спектроскопическим исследованием цинковых минералов Саксонских гор, надеясь обнаружить в них открытый за два года до этого элемент таллий. Ученые подвергали анализу образец за образцом, однако, как ни вглядывались они в возникающие перед ними спектры, сочных зеленых линий, присущих таллию, не было и в помине. Но, видимо, в тот погожий день фортуна очень уж не хотелось поворачиваться спиной к фрейбергским химикам. Почему бы не вознаградить их за долготерпенье и кропотливый труд? И вот в очередном спектре перед взором ученых предстала необыкновенно яркая синяя линия, не принадлежавшая ни одному из известных элементов. Рейху и Рихтеру стало ясно, что им посчастливилось открыть новый элемент. А за сходство его спектральной линии с королевой красок «новорожденного» решено было назвать индием.

Теперь перед учеными встала проблема: выделить металл в чистом виде. Немало потратили они времени и труда, прежде чем сумели получить два образца металлического индия, каждый величиной с карандаш. Кстати, сходство с карандашом было не только внешним: индий оказался удивительно мягким металлом — почти в пять раз мягче свинца и в 20 раз мягче чистого золота. Из десяти минералов, составляющих шкалу твердости по Моосу, девять тверже индия; ему уступает лишь самый податливый из них — тальк. На бумаге индий оставляет заметный след. Однако писать индиевыми «карандашами» было бы таким же безрассудным расточительством, как топить печку ассигнациями: французская Академия наук оценила образцы нового металла в 80 тысяч долларов—по 700 долларов за грамм!

Появляясь на свет, индий, разумеется, не подозревал, что доставит немало хлопот великому русскому химику Д. И. Менделееву. Впрочем, виноват в этом был не столько индий, сколько его первооткрыватели: они приняли новый металл за близкого родственника цинка и поэтому ошибочно решили, что он, как и цинк, двухвалентен. Кроме того, ученые неправильно определили его атомный вес, посчитав его равным 75,6. Но в этом случае для индия не находилось места в периодической таблице, и Менделеев пришел к выводу, что индий трехвалентен, по свойствам он гораздо ближе к алюминию, чем к цинку, а атомный вес его составляет примерно 114. Это был далеко не единственный случай, когда великий химик на основе обнаруженного им закона вносил существенные коррективы в характеристики уже известных элементов. И на этот раз жизнь подтвердила его правоту: атомный вес индия, определенный с помощью самых точных методов, оказался равным 114,82. Элементу было отведено место № 49 в третьем ряду периодической системы.

Природный индий состоит из двух изотопов с массовыми числами 113 и 115, причем доля более тяжелого из них значительно солиднее—95,7%. До середины XX века оба эти изотопа имели репутацию стабильных. Однако в 1951 году ученые установили, что индий-115 все же подвержен бета-распаду и постепенно превращается в олово-115. Правда, процесс этот протекает крайне медленно: период полураспада ядер индия-115 очень велик— $6 \cdot 10^{14}$ лет. Вполне понятно, что при таких «темпах» индию долго удавалось скрывать свою радиоактивность. В последние десятилетия физики получили около 20 радиоактивных изотопов индия; период полураспада наиболее долгоживущего из них (индий-114)—49 дней.

Подобно многим другим металлам, индий долгое время не находил практического применения. И на это были вполне уважительные причины: ведь индий не только довольно редкий элемент (по содержанию в земной коре он среди «обитателей» периодической системы занимает скромное место в седьмом десятке), но и крайне рассеянный: в природе практически нет минералов, в которых главным компонентом (или хотя бы одним из основных) был бы индий. В лучшем случае его можно встретить в виде ничтожных примесей к рудам других металлов, где содержание его не превышает обычно 0,05%. Можно себе представить, какие трудности надо преодолеть, чтобы извлечь из этих руд спрятавшиеся в них крохи индия.

Однако свойства этого металла не могли оставить равнодушными представителей технического мира. В 1924 году индием всерьез заинтересовался американский инженер Маррей. В поисках индиевых месторождений он вдоль и поперек исколесил Соединенные Штаты Америки, пока, наконец, в песчаных холмах Аризоны не обнаружил хоть и не ахти какие, но все же более высокие, чем в других местах, концентрации этого рассеянного элемента. Вскоре здесь возник завод по производству индия.

Одной из первых областей применения индия стало изготовление высококачественных зеркал, необходимых для астрономических приборов, прожекторов, рефлекторов и тому подобных устройств. Оказывается, обычное зеркало не одинаково отражает световые лучи различных цветов. Это значит, например,

что цветная одежда, если ее рассматривать в зеркало, имеет несколько иную окраску, чем на самом деле.

Правда, глаз модницы, сидящей перед трельяжем, не в состоянии зафиксировать такие перемены в ее туалете, но для многих приборов цветовая фальсификация просто недопустима. И серебряные, и оловянные, и ртутно-висмутовые зеркала грешат этим недостатком. Индий же не только обладает чрезвычайно высокой отражательной способностью, но и проявляет при этом полнейшую объективность, совершенно одинаково относясь ко всем цветам радуги — от красного до фиолетового. Вот почему, чтобы свет, излучаемый далекими звездами, доходил до астрономов неискаженным, в телескопах устанавливают индиевые зеркала.



В отличие от серебра, индий не тускнеет на воздухе, сохраняя высокий коэффициент отражения. Между прочим, индий сыграл немаловажную роль при... защите Лондона от массированных налетов немецкой авиации во время второй мировой войны. На первый взгляд, такое утверждение может показаться странным, но именно индиевые зеркала позволяли прожекторам противовоздушной обороны в поисках воздушных пиратов легко пробивать мощными лучами плотный туман, нередко окутывавший британские острова. Поскольку индий имеет низкую температуру плавления — всего $156\text{ }^{\circ}\text{C}$, во время работы прожектора зеркало постоянно нуждалось в охлаждении, однако английское военное ведомство охотно шло на дополнительные расходы, с удовлетворением подсчитывая число сбитых вражеских самолетов.

Но часто в технике низкая температура плавления может служить не недостатком, а достоинством. Так, сплав индия с висмутом, свинцом, оловом и кадмием плавится уже при $46,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и благодаря этому успешно справляется с ролью автоматического контролера, предохраняющего ответственные узлы и детали различных механизмов от перегрева. Известен сплав индия с галлием и оловом, который даже при комнатной температуре находится в жидком состоянии: он плавится при $10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Плавкие предохранители из индиевых сплавов широко используют в системах пожарной сигнализации.

Любопытные эксперименты, связанные с температурой плавления индия, были проведены в Канаде. Исследуя с помощью электронного микроскопа мельчайшие частицы этого металла, канадские физики обнаружили, что, когда размер частиц индия становится меньше некоторой величины, температура плавления его резко понижается. Так, частицы индия размером не более 30 ангстрем плавятся при температуре чуть выше $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такой колоссальный скачок — от 156 до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ — представляет для ученых несомненный интерес. Но природа этого эффекта даже для выдавшей виды современной физики пока остается загадкой: ведь теория процессов плавления разрабатывалась применительно к значительным массам вещества, а в опытах канадских физиков расплавлению подвергались "гомеопатические" дозы индия — всего несколько тысяч атомов.



Ценное свойство индия — его высокая стойкость к действию едких щелочей и морской воды. Эту способность приобретают и медные сплавы, в которые введено даже небольшое количество индия. Обшивка

нижней части корабля, выполненная из такого сплава, легко переносит длительное пребывание в соленом подводном царстве.

Подшипникам, применяемым в современной технике, например в авиационных моторах, приходится трудиться в довольно тяжелых условиях: скорость вращения вала достигает нескольких тысяч оборотов в минуту, металл при этом нагревается и его сопротивление разъедающему действию смазочных масел снижается. Чтобы металл подшипников не подвергался эрозии, ученые предложили наносить на них тонкий слой индия. Его атомы не только плотно покрывают рабочую поверхность металла, но и проникают вглубь, образуя с ним прочный сплав. Такой металл смазке уже не по зубам: срок службы подшипников возрастает в пять раз.

Кстати, о зубах. Из индиевых сплавов (например, с серебром, оловом, медью и цинком), которым свойственны высокая прочность, коррозионная стойкость, долговечность, изготавливают зубные пломбы. В этих сплавах индий играет ответственную роль: он сводит к минимуму усадку металла при затвердевании пломбы.

Авиаторы хорошо знакомы с цинкоиндиевым сплавом, служащим антикоррозионным покрытием для стальных пропеллеров. Своеобразным тончайшим «одеялом» из олова и окиси индия «укутывают» ветровые стекла самолетов. Такое стекло не замерзает — на нем не появляются ледяные узоры, которые вряд ли радовали бы взор пилотов. Сплавы индия широко используют для склеивания стекол или стекла с металлом (например, в вакуумной технике).

Некоторые сплавы индия очень красивы — неудивительно, что они приглянулись ювелирам. Как декоративный металл используют, в частности, сплав 75 % золота, 20% серебра и 5% индия — так называемое зеленое золото. Известная американская фирма «Студебеккер» вместо хромирования наружных деталей автомобилей не без успеха применила индирование. Индиевое покрытие значительно долговечнее хромистого.

В атомных реакторах индиевая фольга служит контролером, измеряющим интенсивность потока тепловых нейтронов и их энергию: сталкиваясь с ядрами стабильных изотопов индия, нейтроны превращают их в радиоактивные; при этом возникает излучение электронов, по интенсивности и энергии которого судят о нейтронном потоке.

Но бесспорно важнейшая область применения индия в современной технике — промышленность полупроводников. Индий высокой чистоты необходим для изготовления германиевых выпрямителей и усилителей: он выступает при этом в роли примеси, обеспечивающей дырочную проводимость в германии. Кстати, сам индий, используемый для этой цели, практически не содержит примесей: выражаясь языком химиков, его чистота — «шесть девяток», т. е. 99,9999%! Некоторые соединения индия (сульфид, селенид, антимонид, фосфид) сами являются полупроводниками; их применяют для изготовления термоэлементов и других приборов. Антимонид индия, например, служит основой инфракрасных детекторов, способных «видеть» в темноте даже едва нагретые предметы.

Индий оказался одним из немногих пока химических элементов, «командированных» в космос, чтобы вписать новые страницы в технологию неорганических материалов. В 1975 году, незадолго до начала совместного советско-американского космического полета по программе «Союз» — «Аполлон», командиры экипажей А. Леонов и Т. Стаффорд в беседе с корреспондентом ТАСС высказали свое мнение о значении предстоящих экспериментов на орбите. В частности, они затронули вопрос о технологических опытах по плавке металлов и выращиванию кристаллов различных веществ. «Предстоит выяснить возможность использования невесомости и вакуума для получения новых материалов — металлических и полупроводниковых, — сказал А. Леонов. — По мнению советских и американских ученых, в космосе можно сплавлять компоненты, не смешиваемые на Земле, создавать жаропрочные материалы...» «Наши астронавты. — добавил Т. Стаффорд, — на борту орбитальной станции "Скайлэб" проводили опыты по выращиванию кристаллов антимонида индия. Удалось получить кристалл самый чистый и самый прочный из всех, когда-либо искусственно полученных на Земле». А в 1978—1980 годах на борту советской орбитальной научной станции «Салют-6» были проведены новые технологические эксперименты, в которых «участвовали» индий и его соединения.

Опыты с соединениями индия ведут и на Земле. Так, недавно антимонид индия был подвергнут давлению в 30 тысяч атмосфер. Оказалось, что в результате таких «крепких объятий» изменилась кристаллическая решетка вещества и при этом его электропроводность возросла в миллион раз!

Мировое производство индия пока очень мало — всего несколько десятков тонн в год. Обычно этот ценнейший металл получают как... побочный продукт при переработке руд цинка, свинца, меди, олова. Оригинальный способ получения индия разработали ученые ГДР. Они предложили добывать его из пыли, облака которой «украшали» небо над одним из предприятий по переработке медистых сланцев. Пыль, в которой среди прочих компонентов содержится индий, сначала промывается горячей серной кислотой, затем проходит долгий путь сложных превращений, в результате которых получается чистый индий.

Интерес к индию все время растет. Ученые стремятся как можно больше узнать об этом металле.



Несколько лет назад физики США сумели заполнить еще один пробел в характеристике индия, определив конфигурацию его ядра: оказалось, что оно напоминает... футбольный мяч с полоской по «экватору».

...В природе индий встречается редко, но можно с уверенностью утверждать, что в промышленном мире он с каждым годом будет становиться все более и более желанным гостем.

СЛУЧАЙ В ШТАЛЬГАУЗЕНСКОМ МОНАСТЫРЕ (СУРЬМА)



Хрустальная мечта. — Прodelки хитрого монаха. — Версия на версии. — Не насурьмить ли брови? — В Древнем Вавилоне. — "Триумфальная колесница Антимония". — Дефицит небесных тел. — Внешность обманчива. — Волк открывает пасть. — На Солнце нет сурьмяных пятен. — находка в Киргизии. — Дело несложное, но хлопотливое. — Примесикочевники. — Эталон чистоты. — Склонность к полноте. — Немного шрапнели. — Баббиты не забыты. — По следам пули. — Театральный занавес. — Борьба за огонь. — Бактериям не спится.

Поиски «философского камня», словно эпидемия, охватили средневековую Европу. Идея найти волшебное вещество, с помощью которого без особых хлопот можно было бы превращать в золото чуть ли не любой другой металл, казалась весьма заманчивой. Особое пристрастие к этому занятию питали, как ни странно, духовные особы, хоть им вроде бы и не к лицу было уподобляться алчным мирянам, беззащитно стремящимся к обогащению. В те далекие времена вряд ли удалось бы отыскать хоть один монастырь, в кельях и подвалах которого не шла бы напряженная алхимическая работа. Денно и ночью кипели в ретортах огненные жидкости, измельчались и перемешивались в ступках подозрительные порошки, но, увы, чудо-камень так и оставался хрустальной мечтой всех искателей счастья.

Для отца Леонардуса, настоятеля Штальгаузенского монастыря в Баварии, мысли о спасении души на время явно отступили на второй план. Куда важнее было докопаться до точного рецепта «философского камня». Смиранный отец перепробовал уже десятки вариантов, но ни один из них не дал желаемого результата. И тут его осенило: «А не попробовать ли смешать пепел сожженного накануне еретика с пеплом его кота (казненного вместе с хозяином в назидание прочим тварям), да добавить еще двойное количество земли, взятой из-под костра...» Столь научный подход к подбору компонентов несомненно сулил успех. Тщательно перемешав золу с землей и проделав еще кое-какие необходимые манипуляции со смесью, Леонардус нагрел ее и стал терпеливо ожидать, пока она остынет и превратится в легкое прозрачное вещество: ведь именно так, по мнению ряда крупных специалистов, должен был выглядеть «философский камень». Но, видимо, дьявол не дремал: остывшая смесь оказалась тяжелым темным веществом с металлическим блеском. Раздосадованному настоятелю ничего не оставалось делать, как выбросить плоды очередного неудачного эксперимента в угол монастырского двора.

Шли дни. Как-то однажды, разгуливая в паузах между алхимическими опытами и молитвами по двору, отец Леонардус обратил внимание на свиней, с удовольствием полизывающих выброшенный им камень. К тому же он подметил, что свины за последнее время заметно подобрали.

«Не иначе как сей камушек свойствами питательными обладает, — смекнул хитрый настоятель. — Если подкормить им монахов, то можно, пожалуй, кое-чем поживиться и без «философского камня». Задумано—сделано. Быстренько приготовил он новую порцию своего «фирменного блюда», и уже на следующий день худосочные монахи получили на завтрак кашу с чудодейственной приправой. Но дьяволу явно не спалось: на следующее утро все сорок монахов Штальгаузенского монастыря скончались в страшных муках. Только теперь понял Леонардус, какой великий грех взял он на душу. С этого дня он зарекся проводить свои эксперименты, а злополучный камень прозвал «антимониумом», т. е. средством против монахов.



Такова одна из версий происхождения названия элемента, известного у нас как сурьма. За

достоверность описанных событий ручаться трудно: возложим ответственность за нее на популярного чешского писателя Ярослава Гашека, поведавшего об этой истории в своем рассказе «Камень жизни».

По другой версии, название это, сохранившееся, кстати, во многих языках, происходит от греческих слов «антос аммонос» — цветок бога Амона (Юпитера): сростки игольчатых кристаллов минерала сурьмяного блеска (антимонита) в самом деле напоминают цветы. Некоторые историки химии считают, что слово «антимоний» — производное от греческого «антимонос». т. е. противник уединения: этим как бы подчеркивался тот факт, что в природе сурьма не встречается в одиночестве, а всегда обитает в компании с другими элементами.

Есть и иные версии, но как бы то ни было, а в 1789 году знаменитый Антуан Лавуазье под таким названием включил сурьму в составленный им список известных к тому времени химических элементов. Русское название «сурьма» происходит от турецкого «сюрме», что переводится как «натирание» или «чернение бровей». В старину на Руси бытовало выражение «насурьмить брови», хотя краской для бровей служили не только соединения сурьмы. Это название закрепилось сначала за фиолетово-черной трехсернистой сурьмой, а затем перешло к элементу № 51. Латинское же название его «стибиум» происходит либо от греческого слова «стиби» — так назывался минерал сурьмяный блеск, либо от слова «стимми». означавшего сурьмяную краску, которую гречанки использовали для косметических целей.

Знакомство человека с сурьмой насчитывает уже не одно тысячелетие: в странах Древнего Востока (например, в Вавилонском царстве) из нее изготовляли вазы, различные сосуды и другие предметы.

Первая известная нам книга, в которой подробно описаны свойства сурьмы и ее соединений. — «Триумфальная колесница антимония», издана в 1604 году. Ее автор вошел в историю химии под именем немецкого монаха-бенедиктинца Василия Валентина. Кто скрывается под этим псевдонимом, установить не удалось, но еще в прошлом веке было доказано, что в списках монахов ордена бенедиктинцев брат Василий Валентин никогда не числился. Есть, правда, сведения, будто бы в XV веке в Эрфуртском монастыре жил монах по имени Василий, весьма сведущий в алхимии: кое-какие принадлежащие ему рукописи были найдены после его смерти в ящике вместе с порошком золота. Но отождествлять его с автором «Триумфальной колесницы антимония», видимо, нельзя. Вероятнее всего, как показал критический анализ ряда книг Василия Валентина, они написаны разными лицами, причем не ранее второй половины XVI века.

Еще средневековые металлурги и химики подметили, что сурьма куется хуже, чем «классические» металлы, и поэтому вместе с цинком, висмутом и мышьяком ее выделили в особую группу — «полуметаллов». Для этого имелись и другие "веские" основания: по алхимическим понятиям, каждый металл был связан с тем или иным небесным телом. «Семь металлов создал свет по числу семи планет» — гласил один из важнейших постулатов алхимии. На каком-то этапе людям и впрямь были известны семь металлов и столько же небесных тел (Солнце, Луна и пять планет, не считая Земли). Не увидеть в этом глубочайшую философскую закономерность могли только полные профаны и невежды. Стройная алхимическая теория гласила, что золото представлено на небесах Солнцем, серебро—это типичная Луна, медь несомненно связана родственными узами с Венерой, железо явно тяготеет к Марсу, ртуть соответствует Меркурию, олово олицетворяет Юпитер, а свинец — Сатурн. Для других элементов в рядах металлов не оставалось ни одной вакансии.

Если для цинка и висмута такая дискриминация, вызванная дефицитом небесных тел, была явно несправедливой, то сурьма с ее своеобразными физическими и химическими свойствами и в самом деле не вправе была сетовать на то, что оказалась в разряде «полуметаллов».

Судите сами. По внешнему виду кристаллическая, или серая, сурьма (это ее основная модификация) — типичный металл серо-белого цвета с легким синеватым оттенком, который тем сильнее, чем больше примесей (известны также три аморфные модификации: желтая, черная и так называемая взрывчатая). Но внешность, как известно, бывает обманчивой, и сурьма это подтверждает. В отличие от большинства металлов, она, во-первых, очень хрупка и легко истирается в порошок, а во-вторых, значительно хуже проводит электричество и тепло. Да и в химических реакциях сурьма проявляет такую двойственность, что не позволяет однозначно ответить на вопрос: металл она или не металл.

Словно в отместку металлам за то, что они неохотно принимают ее в свои ряды, расплавленная сурьма растворяет почти все металлы. Об этом знали еще в старину, и не случайно во многих дошедших до нас алхимических книгах сурьму и ее соединения изображали в виде волка с открытой пастью. В трактате немецкого алхимика Михаила Майера «Бегущая Атланта», изданном в 1618 году, был помещен, например, такой рисунок: на переднем плане волк пожирает лежащего на земле царя, а на заднем плане тот же царь, целый и невредимый, подходит к берегу озера, где стоит лодка, которая должна доставить его во дворец на противоположном берегу. Символически этот рисунок изображал способ очистки золота (царь) от примесей серебра и меди с помощью антимонита (волк) — природного сульфида сурьмы: при сплавлении золота с антимонитом серебро и медь превращались в сульфиды, а золото образовывало соединение с сурьмой, которое затем обрабатывали струей



воздуха — сурьма улетучивалась в виде трехоксида, и получалось чистое золото. Этот способ существовал до XVIII века.

В земной коре сурьмы немного — всего $5 \cdot 10^{-5}$ %. Тем не менее она входит в состав примерно ста минералов, самый распространенный из которых — сурьмяный блеск (он же антимонит, он же стибнит), содержащий более 70 % сурьмы и служащий основным промышленным сырьем для ее получения. Другие важные минералы этого элемента — кермезит, сервантит (сурьмяная охра), валентинит.

Зафиксированы случаи присутствия сурьмы в составе метеоритов, а вот на Солнце, где спектральным анализом уже обнаружены многие элементы, сурьму пока найти не удалось.

Значительные месторождения сурьмяных минералов расположены в Китае, Чехословакии, Боливии, Мексике, Японии, США, в ряде африканских стран. В дореволюционной России сурьму совсем не добывали, да и месторождения ее были не известны (в начале XX века Россия ежегодно ввозила из-за границы почти по тысяче тонн сурьмы). Правда, еще в 1914 году, как писал в своих воспоминаниях видный советский геолог академик Д. И. Шербаков, признаки сурьмяных руд он обнаружил в Кадамджайском гребне (Киргизия). Но тогда было не до сурьмы. Геологические поиски, продолженные ученым спустя почти два десятилетия, увенчались успехом, и уже в 1934 году из кадамджайских руд начали получать трехсернистую сурьму, а еще через год на опытном заводе была выплавлена первая отечественная металлическая сурьма. Уже к 1936 году полностью отпала необходимость в покупке ее за рубежом.

Получить сурьму из руды или концентрата — дело несложное: с помощью железа ее вытесняют из сульфидов, а углерод помогает ей расстаться с кислородом окисла. Можно воспользоваться и гидрометаллургическими методами: перевести сурьму сначала в раствор, а затем извлечь ее путем электролиза. Но беда в том, что получаемая всеми этими способами сурьма не блещет чистотой: содержание в ней примесей (железа, меди, мышьяка, серы и других) достигает порой 10—15 %.

На такой товар охотников найдется немного, поэтому черновую сурьму приходится подвергать очистке. Ее снова расплавляют, добавляя в печь такие вещества, которые активно взаимодействуют с примесями: серу связывают железом, мышьяк выгоняют содой, а железо и медь покорно удаляются после вмешательства сернистой сурьмы. Этот метод называется огненным рафинированием.

Известен другой метод очистки — электролитический. Ток, проходя через электролит, которым заполнены большие ванны, проявляет особое внимание к атомам сурьмы и препровождает их на один из электродов (катод), где они тесно «прижимаются» друг к другу. К примесям же такого почтения нет, и им приходится оставаться в растворе.

Рафинированная сурьма содержит уже не более 0,5 — 0,8% чужих атомов, но и такой металл удовлетворяет не всех потребителей: для полупроводниковой промышленности, например, требуется сурьма 99,999 %-ной чистоты. Чтобы получить ее, применяют кристаллофизический метод очистки — зонную плавку. Длинный цилиндрический слиток сурьмы укладывают в графитовый контейнер (в виде корытца) и помещают в кварцевую трубку, вокруг которой расположен кольцевой электрический нагреватель. В процессе плавки нагреватель перемещается относительно слитка, расплавляя поочередно все новые и новые порции металла. Когда «покинутая» нагревателем порция сурьмы застывает, все содержащиеся в ней примеси перебираются в следующую зону, где металл находится в жидком виде. Это происходит в силу физического закона, по которому при кристаллизации вещества примеси «не имеют права» застывать вместе с ним, а должны оставаться в жидкой фазе. (За примерами ходить далеко не надо: ледяной панцирь, покрывающий зимой северные моря, не содержит солей, хотя в морской воде их довольно много). Постепенно перемещаясь вместе с зоной расплавленного металла, все примеси в конце концов оказываются на краю слитка. Эту часть его отрезают, а всю остальную сурьму — теперь уже сверхчистую — сдают на склад готовой продукции. Впрочем иногда, в особо ответственных случаях, зонную плавку повторяют несколько раз. Для соблюдения химической стерильности процесс ведут в атмосфере инертного газа (аргона), не желающего вступить ни в какие реакции.

Подвергнутый многостадийной очистке металл способен удовлетворить самого взыскательного потребителя. Не случайно на Всемирной выставке в Брюсселе, проходившей в 1958 году, сверхчистая сурьма Кадамджайского комбината была признана лучшей в мире и утверждена в качестве мирового эталона.

Именно такую сурьму используют как легирующую добавку (всего-навсего 0,000001 %!) к одному из важнейших полупроводниковых материалов — германию, что заметно улучшает его качество. Но если в ней на тысячу атомов окажется хотя бы один атом меди, то добавка вместо пользы принесет только вред. Вот почему прежде чем попасть на заводы, изготавливающие полупроводниковые приборы, сурьма и проходит тот длинный путь, о котором было рассказано выше. Кстати, некоторые ее соединения (в частности, с галлием и индием) — сами отличные полупроводники. Многие полупроводниковые материалы, содержащие сурьму, были получены в условиях невесомости на борту советской орбитальной научной станции «Салют-6» и американской станции «Скайлэб».



На изготовление полупроводников расходуется сравнительно немного сурьмы. Основное ее количество идет на производство разнообразных сплавов — их насчитывается около двухсот. Еще в трудах крупнейшего металлурга средневековья Георга Агриколы, жившего в XVI веке, мы находим такие строки: «Если путем сплавления определенная порция сурьмы прибавляется к олову, получается типографский сплав, из которого изготавливается шрифт, применяемый теми, кто печатает книги». И сегодня сплав свинца с сурьмой и оловом (гарт) — непрменный атрибут любой типографии. Расплавленная сурьма, в отличие от других металлов (кроме висмута и галлия), при затвердевании увеличивает свой объем. Поэтому при отливке шрифта типографский сплав, содержащий сурьму, застывая в литейной матрице, расширяется, благодаря чему плотно ее заполняет и, следовательно, очень точно воспроизводит зеркальное изображение буквы, цифры или какого-либо иного знака, который затем, при печати, должен быть перенесен на бумагу. Помимо этого, сурьма придает типографскому сплаву твердость и износостойкость — весьма важные свойства, если учесть, что каждая литера выполняет свои функции десятки тысяч раз. На склонности остывающей сурьмы к «полноте» основано использование ее сплавов для художественного литья, где необходимо сохранять тончайшие детали оригинала.

Твердые и коррозионностойкие сплавы свинца с сурьмой применяют в химическом машиностроении (для облицовки ванн и другой кислотоупорной аппаратуры), а также для изготовления труб, по которым транспортируются кислоты, щелочи и другие агрессивные жидкости. Из них же делают оболочки, окутывающие различные кабели (электрические, телеграфные, телефонные), решетки свинцовых аккумуляторов, сердечники пуль, дробь, шрапнель.

Широко применяют подшипниковые сплавы (баббиты), в состав которых входят олово, медь и сурьма. Первый сплав такого типа был создан еще в 1839 году американским инженером И. Баббитом. Несмотря на «солидный возраст», эти материалы до сих пор в большом почете у конструкторов. Особая структура — наличие твердых частиц в мягкой пластичной основе — обуславливает высокие антифрикционные свойства баббитов: малый коэффициент трения в подшипниках, залитых этими сплавами, хорошую прирабатываемость, большое сопротивление истиранию. Неплохой антифрикционный материал — чугун, легированный сурьмой (0,5 %).

В последние годы сурьма стала оказывать кое-какие «услуги»... криминалистике. Дело в том, что летящая пуля оставляет за собой вихревой поток, в котором имеются микроколичества ряда элементов — свинца, сурьмы, бария, меди. Оседая на землю, пол или другую поверхность, они оставляют на ней невидимый след. Невидимый? Оказывается, современная наука позволяет увидеть этот след, а значит, и узнать направление пули. На обследуемую поверхность накладывают полоски влажной фильтровальной бумаги, затем их помещают в ядерный реактор и подвергают бомбардировке нейтронами. Вследствие «обстрела» некоторые атомы, прихваченные бумагой (в том числе атомы сурьмы), превращаются в радиоактивные изотопы, а степень их активности позволяет судить о содержании этих элементов в пробах и таким образом определить траекторию и длину полета пули, характеристику самой пули, оружия и боеприпасов.

Разнообразна «деятельность» и соединений сурьмы. Их используют, например, для вулканизации каучука в производстве резины. Трехокись сурьмы служит огнестойкой добавкой к тканям — ею пропитывают театральные занавеси, драпировки, брезенты. Изготовленной на ее основе краской «сурьмин» окрашивают подводную часть и надпалубные постройки кораблей. В качестве пигмента соединения этого элемента входят в состав многих красок, применяемых в живописи («неаполитанская желтая»), в производстве керамики и



фарфора, белого молочного стекла и эмали для кухонной посуды.

Соединения сурьмы каждый из нас не раз держал в руках: боковая поверхность спичечной коробки покрыта составом, который, наряду с красным фосфором, содержит сульфид сурьмы (они-то и придают «терке» темно-коричневый цвет). Некоторые ее соли явно склонны к пиротехническим эффектам. Впрочем, и чистая сурьма способна устроить необыкновенно красивый фейерверк: если в сосуд, заполненный хлором, осторожно, небольшими порциями, всыпать мелкий порошок сурьмы, то крупинцы ее тут же будут вспыхивать яркими звездочками; сосуд же вскоре наполнится белым дымом образовавшегося пентахлорида. А взрывчатая сурьма

(об этой модификации говорилось выше) настолько неустойчива, что взрывается при любом соприкосновении или небольшом нагреве, превращаясь при этом в обыкновенную серую сурьму.

Не так давно, в 1974 году, в СССР было зарегистрировано открытие, в основе которого лежат сложные биохимические процессы, совершаемые... бактериями. Многолетнее изучение сурьмяных месторождений показало, что сурьма в них постепенно окисляется, хотя при обычных условиях такой процесс не протекает: для этого нужны высокие температуры—более 300°C. Какие же причины заставляют сурьму нарушать химические законы? Микроскопическое исследование образцов окисленной руды показало, что они густо «заселены» неизвестными прежде микроорганизмами, которые и были виновниками окислительных «событий» на рудниках. Но, окислив сурьму, бактерии не успокаивались на достигнутом: энергию окисления они тут же «пускали в ход» для осуществления хемосинтеза, т. е. для превращения углекислоты в органические вещества.

Явление хемосинтеза впервые обнаружено и описано еще в 1887 году русским ученым С. Н. Виноградским. Однако до сих пор науке были известны всего четыре элемента, при бактериальном окислении которых выделяется энергия для хемосинтеза: азот, сера, железо и водород. Теперь к ним прибавилась сурьма.

ДВЕ ГОЛУБЫЕ НЕЗНАКОМКИ (ЦЕЗИЙ)



«Разборчивая невеста». — Истины ради. — Пламя меняет цвет. — Многоголосый «хор». — На помощь приходит принц. — Визитные карточки. — Посылка из Шварцвальда.— Чьи голубые «глаза»?— На вечное хранение. — Шерлок Холмс спокоен. — Вы курите? — Жюри присуждает приз. — Как сохранить? — Эксперимент не состоится. — Разные мнения. — Один в поле не воин. — Прибор получает «взятку». — На сотни верст. — «Ночезрительные трубы». — К далеким звездам. — Распухшие атомы. — Проще пареной репы. — Сегодня и

завтра.

История — «разборчивая невеста»: добиться ее благосклонности — попасть на самые почетные страницы — удастся далеко не каждому. В мире химических элементов (как, пожалуй, и в жизни) такой чести удостоиваются лишь те счастливицы, которые сумели в чем-либо превзойти или опередить конкурентов. Что ж, в этом есть своя логика. Разве не вправе рассчитывать на особое место в истории, например, технеций — первый искусственно созданный элемент, или гелий — единственный обитатель периодической таблицы, сначала обнаруженный на Солнце, а уж потом найденный на Земле?

К числу баловней судьбы с полным основанием можно отнести цезий, который голубыми буквами вписал свое имя в историю спектрального анализа. Впрочем, истина требует точности: вписал не цезий, а сделали это немецкие ученые Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф. Что же касается цвета букв, то они неспроста названы голубыми — в этом вы вскоре убедитесь.

В начале 50-х годов прошлого века профессор химии Гейдельбергского университета Р. Бунзен обратил внимание на малозначительное, казалось бы, для науки явление: если в пламя газовой горелки вводили соли металлов, оно окрашивалось в разные цвета. Возможно, это обстоятельство было подмечено кем-нибудь и раньше, но только Бунзен заинтересовался им всерьез. Ученый подносил к горелке крупички различных веществ и всякий раз язычок пламени, словно хамелеон, менял свою окраску, становясь то желтым, то фиолетовым, то розовым. В этих экспериментах отчетливо выявлялись две закономерности: во-первых, каждый из «подопытных» металлов придавал пламени определенный цвет, а во-вторых, этот цвет не зависел от того, в каком виде металл «приговаривался к сожжению». Так, все соединения бария делали пламя зеленоватым, а кальций, попадая в огонь, заставлял его краснеть как бы в отместку за свои муки.

Напрашивалась мысль: нельзя ли воспользоваться подмеченными закономерностями, чтобы просто и быстро устанавливать, какие элементы присутствуют в исследуемом веществе? Такое открытие означало бы поистине революционный переворот в химическом анализе. К сожалению, заманчивую на первый взгляд идею трудно было претворить в жизнь. Дело в том, что любое вещество содержит, как правило, несколько компонентов, не говоря уже о примесях, которые обычно не желают оставаться незамеченными. И вот, когда вся эта «компания» оказывается в огне, попробуй различить в «хоре» цветов отдельные голоса: ярко-желтый «бас» натрия, например, без труда забьет довольно слабенький розовато-лиловый «тенорок» калия. Один цвет смешивается с другим, оттенки и полутона теряются на фоне более сочных красок — в таких условиях не приходится рассчитывать на успешный анализ.

Так что же: идея, едва успев появиться на свет, должна была бесславно кануть в Лету? В сказках при безвыходных ситуациях обычно появляется добрый принц — события принимают нужный оборот и неизбежно наступает счастливый конец. Нечто подобное произошло и в стенах Гейдельбергского университета: в роли принца выступил друг и коллега Р. Бунзена профессор физики Г. Кирхгоф, который уже был известен своими работами, в частности в области оптики. В тот период Кирхгофа более всего интересовало изучение спектров раскаленных твердых и жидких тел. Он-то и сумел оживить идею Бунзена, предложив рассматривать не само пламя горелки, а его спектр, поскольку в нем все цвета и оттенки видны гораздо отчетливее. Из двух подозрительных труб, стеклянных призм и ящика из-под сигар Кирхгоф соорудил спектроскоп — прибор, позволявший как бы разлагать пламя на составные части. Если раньше информация о пламени воспринималась невооруженным глазом ученого, то теперь луч света от горелки проходил через несколько линз и призму, превращаясь в

красочную полоску с многочисленными вертикальными линиями.

Когда Бунзен поместил в пламя кристаллик поваренной соли, Кирхгоф, смотревший в прибор, увидел на фоне черной полосы две яркие желтые линии. Были «преданы огню» другие соединения натрия — сода, селитра, серноокислый натрий, но всегда в одном и том же месте спектра возникала неразлучная ярко-желтая пара. Сомнений не было: такова «визитная карточка» натрия. Другой металл «рисовал» линии другого цвета, в другом месте спектра.

Дни складывались в недели, недели — в месяцы. Постепенно огонь, призму и подзорные трубы прошли сотни различных веществ, и ученые уже были убеждены в том, что каждому элементу присущи свои спектральные линии, по которым его всегда можно найти, как преступника по отпечаткам пальцев. От взора ученого, вооруженного спектроскопом, не могли ускользнуть самые крохотные примеси любого элемента. Волшебное око прибора способно было заметить в веществе тот или иной компонент, даже если его количество измерялось миллионными долями миллиграмма.



Бунзен и Кирхгоф тщательно изучили спектры всех известных тогда науке химических элементов и каждому из них дали точную спектральную характеристику. Это ознаменовало рождение нового метода анализа — спектрального. С помощью его можно не только обнаружить элемент, но и определить по интенсивности линий его количество. Однако возможности спектрального анализа этим не исчерпывались.

Однажды, а точнее в 1860 году, в лабораторию Бунзена пришла посылка с минеральной водой из знаменитых шварцвальдских источников. Врачи, приславшие воду, просили выяснить ее состав: им хотелось узнать, чему она обязана своими целебными свойствами. Почему не удовлетворить их любопытство? Бунзен выпарил воду, получил сгущенный раствор и внес каплю его в пламя газовой горелки. Глядя в окуляр спектроскопа, он наметанным глазом заметил линии натрия, калия, кальция, стронция, лития...

Но что это за две голубые незнакомки? Стронций? Нет, он сигнализирует о себе одной линией. Снова и снова ученый рассматривает спектр и сравнивает его с известными эталонами, но среди них нет ничего похожего. В этом же убеждается и Кирхгоф. Значит, открыт новый химический элемент, а называться он будет цезием: ведь в переводе с латинского это — «небесно-голубой».

Итак, цезий стал первым элементом, открытым не химическим путем, как десятки его старших «братьев» и «сестер», а методом спектрального анализа. Пройдут годы, радужные картины спектроскопа познакомят науку с рубидием, таллием, индием, галлием, самарием, но пальма первенства среди «рожденных спектром» всегда будет принадлежать цезию.

Спустя несколько лет цезий сумел пролить свет на довольно темную историю. Речь идет о пропаже, которая долгие годы не давала покоя химикам, хотя вряд ли заинтересовала бы Шерлока Холмса или комиссара Мэгре. Еще в 1846 году немецкий ученый К. Платтнер занялся исследованием полуцита—минерала, найденного на острове Эльба. Выполнить полный химический анализ минерала было делом не хитрым, но вот загвоздка: как ни складывал Платтнер полученные им результаты, сумма всех составляющих оказывалась равной 93%. Куда же могли подеваться остальные 7%? Почти два десятка лет никто не мог ответить на этот вопрос. И лишь в 1864 году итальянец Пизани представил неопровержимые доказательства того, что виновником «недовеса» был цезий, ошибочно принятый Платтнером за калий — эти элементы состоят в довольно близком химическом родстве, однако цезий в два с лишним раза тяжелее.

Цезий — один из редчайших элементов, но все же следы его можно найти во многих горных породах, в морской воде, а его «связи» с минеральной водой вам уже известны (правда, чтобы получить несколько граммов цезиевых солей, Бунзену пришлось выпарить «всего-навсего» 40 тонн целебного напитка). Любопытно, что «крохи» цезия обнаружены в сахарной свекле, зернах кофе, чайных листьях. Знаком с ним и



каждый курильщик: об этом свидетельствуют две голубые линии в спектре табачного пепла.

Если бы металлы, подобно спортсменам, могли рассчитывать на приз «За активность», то судейская коллегия из самых авторитетных химиков без колебаний присудила бы его цезию. И дело не только в том, что этот элемент занимает самое «металлическое» место в периодической системе (если не считать франция, которого практически нет в природе), но и в том, что он полностью оправдывает свое «особое положение». Действительно, чистый цезий чрезвычайно активный металл. Оказавшись на воздухе, он немедленно воспламеняется и сгорает. Попадая в компанию с серой или фосфором (не говоря уже об «идейных противниках» всех металлов—галогенах), он тут же начинает бурно «возмущаться», и это всегда приводит к взрыву. Общение цезия с водой также чревато конфликтной ситуацией, сопровождающейся взрывом и пожаром — горит выделяющийся в ходе реакции водород. Даже скромный и смирный (в химическом отношении) лед, который весьма индифферентен к окружающей действительности, не выдерживает нападков цезия и вступает с ним в шумную «перепалку», причем разнять их не может и лютый холод (до -116°C) — известный «укротитель» химических реакций.



Немудрено, что при таком буйном нраве цезия получить его в чистом виде очень сложно. Впервые эту задачу сумел решить электролитическим путем шведский химик К. Сеттерберг в 1882 году. Сейчас для этой цели используют обычно способ, предложенный еще в 1911 году французским химиком А. Акспилем: цезий вытесняется из его хлорида металлическим кальцием в вакууме при температуре около 700°C (как видно, кальций—не из робкого десятка).

Но вот чистый цезий получен. А как его хранить? Вопрос этот, как вы понимаете, далеко не праздный, а ответ на него — просто парадоксален: чистый цезий нужно... загрязнить, т. е. сплавить с другими металлами. Сплавы цезия не столь «задиристы», как он сам, и хранятся тихо и спокойно, сколько требуется. Выделить же из них цезий помогает отгонка в вакууме.

«Свежеприготовленный» цезий — блестящий светлый металл с бледно-золотистым оттенком; он мягкий, как воск, и легкий, как магний или бериллий. Всем известно, что самый легкоплавкий металл — ртуть; в этом отношении у нее нет соперников. Но из всех прочих металлов наиболее «покладист» цезий: он легко переходит в жидкое состояние, так как температура плавления его всего $28,5^{\circ}\text{C}$. Чтобы он растаял, достаточно теплоты человеческих ладоней (надеемся, что помня об опасном характере этого металла, вы не будете проводить такой эксперимент, поскольку он может иметь печальные последствия).

Само собой разумеется, изготавливать из цезия детали или изделия, которые должны подвергаться механическим нагрузкам, работать в жарких условиях или находиться в контакте с химическими «агрессорами», занятие, мягко выражаясь, неблагодарное. Так, может быть, этот недотрога «голубых кровей» вообще ни на что не пригоден и представляет интерес лишь сугубо с научной точки зрения? Железу, титану, алюминию он и впрямь не конкурент, зато у него есть такие свойства, какими, кроме него, не обладает ни один металл. А чтобы стало понятно, о чем идет речь, снова совершим небольшой экскурс в прошлый век.

В 1887 году известный немецкий физик Генрих Герц открыл явление внешнего фотоэффекта, т. е. «испарения» электронов с поверхности металлов под действием света. Вскоре профессор Московского университета А. Г. Столетов, заинтересовавшийся этим явлением, провел ряд опытов и на их основе сформулировал теоретические законы фотоэффекта. В чем же его суть? Оказывается, невесомый луч несет с собой энергию, вполне достаточную для того, чтобы выбить из атомов некоторых металлов наиболее удаленный от ядра электрон. Если в разрыв электрической цепи направить вереницу вырвавшихся на волю «узников», то их поток способен замкнуть цепь и в ней появится ток.

Говорят, сколько людей — столько мнений. Так и у каждого металла есть свое «мнение» в отношении фотоэффекта. Одни не считают нужным идти на поводу у света: их хоть прожектором «обстреливай», но электронов из них не выбьешь. Другие, напротив, без сожаления расстаются с ними, как только на них попадает едва заметный луч. Самый щедрый на электроны металл — цезий, и эта щедрость отнюдь не случайна. У всех щелочных металлов, а цезий — их типичный представитель, на внешней орбите «разгуливает» всего один электрон. Но один в поле не воин, и свет расправляется с ним без особого труда. У цезия к тому же

этот одинокий скиталец находится дальше от ядра, чем у его родственников по «щелочной линии». Поэтому работа выхода электрона (так называется тот «труд», который должен затратить световой луч, чтобы отнять у атома электрон) у цезия минимальна, а это значит, что он — самый подходящий материал для фотоэлементов — приборов, превращающих лучи света в электрический ток. Службу в фотоэлементах цезий несет не в одиночку, а, например, в сплаве с сурьмой, причем толщина светочувствительного слоя настолько мала, что одним граммом сплава можно покрыть поверхность примерно в 10 квадратных метров.

Все, кто пользуется услугами метрополитена, каждый день проходят мимо фотоэлементов. Они вмонтированы в контрольные турникеты, устроенные очень просто: с одной стороны — фотоэлемент, с другой — источник света, направляющий луч на своего «визави». Стоит вам, не опустив предварительно пятака, пересечь луч, фотоэлемент включает механизм рычагов и они с грозным лязгом преградят вам путь. Если же вы дадите турникету пятикопеечную «взятку», он сделает вид, что вас не заметил: механизм автоматически отключается, и рычаги не срабатывают.

Фотоэлемент — прибор несложный, но очень способный: его можно обучить любой работе. Как только в городе стемнеет, фотоэлемент включает фонари. Если рука рабочего окажется в опасной зоне, этот контролер тут же остановит станок. Фотоэлемент умеет сортировать сигареты, подсчитывать число деталей, проплывающих мимо него на конвейере, проверять, достаточно ли хорошо отшлифована поверхность шариков для подшипников, читать запись на звуковой дорожке киноленты. Надежнее любого сторожа эти чуткие приборы охраняют ночью магазины, банки, склады.

Без фотоэлементов невысказана была бы сама идея передачи изображения на сотни и тысячи километров. Если вы вчера с интересом смотрели по телевизору хоккейный матч, концерт или очередную «порцию» захватывающего многосерийного фильма, то не грех поблагодарить за это цезий: без него ваш телевизор имел бы не больше шансов на передачу изображения, чем ящик из-под макарон.

С помощью фотоэлементов удалось «снять копию» обратной стороны Луны. А разве можно было бы передать по проводам чертежи, схемы, портреты, письма, если бы фототелеграфная связь не пользовалась услугами не равнодушных к свету электронов? Конечно, нет.

Фотоэлектрические свойства цезия позволили создать интроскоп — прибор, позволяющий заглянуть внутрь непрозрачных тел и заметить в них возможные дефекты. Чувствительность цезия к инфракрасным лучам лежит в основе конструкции «ночезрительных труб» — так М. В. Ломоносов называл приборы, о которых он мог только мечтать. А сегодня оптический «глаз», способный видеть в темноте, помогает человеку ночью вести автомобиль, прицельно стрелять, обнаруживать различные объекты.

До сих пор речь шла о фотоэлектрическом эффекте, но цезий готов поделиться своими электронами «по просьбе» не только света, но и тепла. Благодаря этому свойству он охотнее многих других химических элементов переходит в состояние ионизированного газа — плазмы. Цезиевая плазма представляет огромный научный и практический интерес. В космическом пространстве, например, где степень разрежения очень высока, поток электронов, выделяемых атомами цезия, способен создавать мощную реактивную тягу и придавать ракетам колоссальную скорость — по расчетам некоторых зарубежных ученых, до 44 километров в секунду! Возможно, недалек уже тот час, когда межпланетные корабли на цезиевом «топливе» будут заходить в самые далекие порты и гавани Вселенной.

Но цезиевая плазма не теряет времени даром и уже вовсю трудится на Земле. С ее помощью магнитогидродинамические генераторы (МГД-генераторы) преобразуют тепловую энергию в электрическую. Одно из многих достоинств этих генераторов — их простота: единственная движущаяся «часть» в них — поток ионизированного газа, как бы исполняющего обязанности вращающегося ротора. Без цезия не обходятся и термоэмиссионные преобразователи (ТЭП), в которых тепловая энергия ядерного реактора без задержки превращается в электрический ток. Первая мощная установка такого типа — «Топаз» действует в нашей стране.

Цезий отнюдь не обделен вниманием науки: ученые различных стран проводят множество исследований, главный объект которых — цезий. Несколько лет назад физики Билефельдского университета (ФРГ) проделали любопытный эксперимент. Длился он всего десятую долю секунды, а на его подготовку понадобилось... два года. В чем же он заключался? На специальной установке атом цезия был подвергнут бомбардировке сфокусированным импульсом мощного лазера. В результате такого обстрела атом цезия пришел в состояние «крайнего возбуждения»: орбиты электронов



растянулись и размеры атома увеличились в десятки тысяч раз.

Группа американских физиков из Ок-Риджа (одного из важнейших центров атомной промышленности США) разработала методику, позволяющую пересчитать поштучно атомы некоторых элементов. В основе этой методики также лежит возбуждение атомов с помощью мощных лазерных импульсов. При первой демонстрации нового способа подсчитывались атомы цезия.

Ученые из индийского Института геофизических исследований, изучившие воду 60 горячих источников в Гималаях, пришли к выводу, что высокая концентрация цезия в воде может быть признаком магматической активности недр. Повышенная концентрация радиоактивного изотопа цезия-137 обнаружена в деревьях, сохранившихся в районе знаменитого Тунгусского взрыва, причем химическая аномалия характерна как раз для тех слоев ствола, которые относятся к 1908 году, когда произошло это событие.

Нельзя не упомянуть еще об одном очень важном «амплуа» этого элемента. В 1967 году Международная генеральная конференция по мерам и весам установила: «Секунда — время, равное 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133». Коротко и ясно! Хотите отсчитать секунду, так это проще пареной репы: нужно только подождать, пока электрон цезия перепрыгнет с одной своей орбиты на другую указанное число раз. Конечно, человеку такой подсчет проделать, мягко выражаясь, трудновато, а вот атомные часы на этом принципе уже работают и, надо сказать, неплохо: за три тысячелетия точность их хода может измениться всего на одну секунду. Это возможно благодаря необыкновенной стабильности основных свойств атомов цезия.

О цезии можно рассказывать тысячу и одну ночь: о его каталитических способностях и умении создавать вакуум в радиолампах, о его изотопах, применяемых в медицине, дефектоскопии, измерительной технике, о получении с помощью этого элемента скинтилляционных монокристаллов, способных светиться холодным голубоватым или зеленоватым светом под действием любого излучения — рентгеновского, ультрафиолетового, радиоактивного. Словом, областям применения цезия, как говорится, нет числа. А перспективы его поистине безграничны!

УДАЧА САПОЖНИКА ИЗ БОЛОНЬИ (БАРИЙ)



«Болонский самоцвет». — «Тяжелый», но... легкий. — Опыты в «угленном» тигле. — «Буйный нрав». — Нелегальная деятельность. — «Раскрыть это зло...» — В банкнотах и облигациях. — «Легкий завтрак. — Загадочные лучи. — На смену рыбе чешуе. — Зеленый вклад. — «Прививки» сфинксу. — Не зная равных. — Кто же прав? — Соль в огне. — Есть ли вакансии? — Кристаллы меняют цвет. — На ошибках учатся. — С ювелирной точностью. — В магнитном поле. — Открытие аптекаря. — «Незаурядные способности». — Что мешает карьере? — В небе над Колумбией.

История этого элемента уходит истоками в далекое средневековье, когда в Европе повсюду бушевали алхимические страсти, разжигаемые идеей получения золота из «недефицитных» материалов.

В 1602 году болонский сапожник и по совместительству алхимик Касциароло подобрал в окрестных горах камень, который оказался настолько тяжелым, что не заподозрить в нем присутствие золота мог только полный профан. Но Касциароло был не таков. Перед ним засияли радужные перспективы, и он, притащив находку в свою сапожно-алхимическую мастерскую, тут же принялся за работу.

Для начала решено было прокалить камень с углем и олифой. И хоть выделить золото при этом почему-то не удалось, опыт принес явно обнадеживающие результаты: охлажденный продукт прокаливания светился в темноте красноватым светом.



Будучи человеком общительным, Касциароло не стал скрывать от своих коллег-алхимиков тайну необычного камня. Это сенсационное сообщение привело золотоискательскую братию в состояние поисковой

горячки: найденный минерал, получивший ряд названий—«солнечный камень», «болонский камень», «болонский самоцвет», стал главным участником всевозможных реакций и экспериментов. Но время шло, золото и не думало выделяться, и интерес к новому минералу постепенно пропал.

Лишь спустя полтора столетия, в 1774 году, известные шведские химики Карл Шееле и Юхан Ган подвергли «болонский камень» тщательному исследованию и установили, что в нем содержится особая «тяжелая земля», которую сначала назвали «барот», а затем — «барит» (от греческого слова «барос» — тяжелый). Сам же металл, образующий эту «землю», был наречен барием.

В 1808 году англичанин Гэмфри Дэви электролитическим путем выделил из барита металлический барий. И поскольку он оказался сравнительно легким металлом (плотность 3,7 г/см³), английский химик Кларк предложил сменить название «барий», не соответствующее его истинному положению среди других металлов, на «плутоний» — в честь мифического властителя подземного царства бога Плутона. Однако предложение Кларка не встретило поддержки у других ученых, и легкий металл продолжал именоваться «тяжелым» (в русской химической литературе начала XIX века этот элемент иногда фигурировал под названием «тяжелец»). Заметим, что по современной технической классификации барий — действительно самый тяжелый представитель группы... легких металлов.

В наши дни металлический барий — мягкий белый металл — получают алюминотермическим восстановлением его окиси. Впервые этот процесс осуществил русский физико-химик Н. Н. Бекетов, положивший тем самым начало алюминотермии. Вот как ученый описывает свои опыты: «Я взял безводную окись бария и, прибавив к ней некоторое количество хлористого бария, как плавня, положил эту смесь вместе с кусками глиния (т. е. алюминия — С. В.) в угленой тигель и накаливал его несколько часов. По охлаждении тигля я нашел в нем металлический сплав уже совсем другого вида и физических свойств, нежели глиний. Этот сплав имеет крупнокристаллическое строение, очень хрупок, свежий излом имеет слабый желтоватый отблеск; анализ показал, что он состоит на 100 ч из 33,3 бария и 66,7 глиния или, иначе, на одну часть бария содержит две части глиния...»

Сейчас этот процесс проводится в вакууме при 1100 — 1200°C. Одновременно с восстановлением окиси бария алюминием происходит дистилляция восстановленного бария, который затем конденсируется в чистом виде.

Барий химически очень активен; он легко самовоспламеняется при нагреве или от удара, хорошо взаимодействует с кислородом (блестящая поверхность только что полученного бария на воздухе быстро покрывается пленкой окисла), азотом, водородом, водой, поэтому его, как и некоторые другие металлы со «вспыльчивым характером», приходится хранить под слоем керосина. Отчасти этим объясняется весьма ограниченное применение металлического бария. Основная его «специальность» — поглотитель остаточных газов (геттер) в технике глубокого вакуума. В небольших количествах барий используют в металлургии меди и свинца для раскисления, очистки от серы и газов. Часть бария идет на изготовление подшипниковых и типографских сплавов: их основной компонент свинец становится заметно крепче, приняв даже малые дозы бария. Сплав этого элемента с никелем служит для изготовления электродов запальных свечей двигателей и деталей радиоламп.

Гораздо более широкое поле деятельности у соединений бария. С серноокислым барием, или тяжелым шпатом (тем самым камнем, что попался когда-то под ноги Касциароло), издавна связано производство красок. Правда, поначалу участие серноокислого бария в этом деле носило нелегальный характер: в измельченном виде шпат подмешивали к свинцовым белилам, в результате чего они оказывались значительно дешевле, и хоть качество их явно страдало, владельцы красильных заводов без зазрения совести продавали свою эрзац-продукцию почти по тем же ценам, неплохо нагревая руки на этой операции.

Еще в 1859 году до департамента мануфактур и внутренней торговли дошли сведения о жульнических махинациях ярославских заводчиков, добавлявших к свинцовым белилам тяжелый шпат, что «вводит потребителей в обман на счет истинного качества товара, причем поступила и просьба о воспрещении означенным заводчикам употребления шпата при выделке свинцовых белил». Об этом же сообщалось несколько позднее и министру финансов, «которым как слышно и предписано было Ярославскому начальству сделать дознание, но как это произведено было через главного покровителя заводчикам полицмейстера Красовского, то, конечно, результат вышел тот, что они покаются в его кабинете и принялись с большою смелостью за подделку своих злокачественных произведений». Далее содержалась просьба «раскрыть это зло и на Нижегородской ярмарке, откуда белилы развозятся до последних пределов империи, и раскрыть это весьма легко, стоит опросить всех белильных заводчиков, на какой конец выписывают они в огромных размерах шпат, какое из него делают употребление и если употребление для белил, то каковы последствия такого смешения».

Но все эти петиции ни к чему не привели. Достаточно сказать, что в 1882 году в Ярославле был основан шпатовый завод, который, например, в 1885 году выпустил 50 тысяч пудов измельченного тяжелого шпата, предназначенного все для тех же целей. В начале 90-х годов прошлого века Д. И. Менделеев писал: «...В подмесь к белилам на многих заводах примешивается барит, так как и привозимые из-за границы белила, для уменьшения цены, содержат эту подмесь».

Со временем серноокислый барий обретает в лакокрасочной промышленности права гражданства: он входит в состав литопона — белой краски с высокой кроющей способностью, пользующейся хорошей репутацией у потребителей. В производстве бумаги дорогих сортов (в частности, для денежных знаков, облигаций, документов) сульфат бария играет роль наполнителя и утяжелителя, делая бумагу белее и плотнее.

Взвесь этой соли в воде используют как рабочую жидкость при бурении глубоких нефтяных и газовых скважин. Серноокислый барий задерживает рентгеновские лучи значительно лучше, чем мягкие ткани человеческого организма. Этим свойством медики пользуются для диагностики желудочных заболеваний. Больному дают на завтрак «бариевую кашу» — смесь сульфата бария с манной кашей (или водой) — и затем просвечивают рентгеновскими лучами: непрозрачная для них «бариевая каша» позволяет врачу получить точное представление о состоянии желудочно-кишечного тракта и определить место заболевания. Благодаря способности поглощать рентгеновские лучи и гамма-лучи барит служит надежным защитным материалом в рентгеновских установках и ядерных реакторах.



Поскольку речь зашла о рентгеновских лучах, уместно упомянуть о том, что их открытие связано с платиносинеродистым барием. В 1895 году зеленое свечение этого вещества в темноте навело выдающегося немецкого физика Вильгельма Конрада Рентгена на мысль о каком-то неведомом прежде излучении, под действием которого и светилась соль бария. Желая подчеркнуть загадочную природу новых лучей, ученый назвал их X-лучами, но уже вскоре в большинстве стран они стали именоваться рентгеновскими — в честь своего первооткрывателя.

Все мы не раз любовались радужными переливами жемчуга или перламутра. Немудрено, что с давних пор велись поиски красителей, которые позволили бы искусственным путем получать материалы с перламутровой окраской. В старину для этого использовали отвар рыбьей чешуи. Да и сейчас еще кое-где таким способом, конечно, во многом усовершенствованным, производят жемчужный краситель. Но в век химии делать ставку на рыбу чешую просто несерьезно — ее с успехом заменяет тиосульфат бария. Кристаллики этого вещества, смешанные с каким-либо бесцветным лаком, превращают его в «жемчужный». Если же их ввести в желатиновый или столярный клей и нанести слой его на

изделия из дерева, картона или папье-маше, то можно добиться полной имитации перламутра.

Работники стекольной промышленности хорошо знакомы с другим соединением бария — карбонатом, который они добавляют в стекольную массу, чтобы повысить коэффициент преломления стекла. Иногда для той же цели вместо карбоната бария вводят нитрат. Но основное «увлечение» нитрата — пиротехника: эта соль бария, как и его хлорат, принимает участие во всех салютах и фейерверках, внося в общий красочный букет ярко-зеленую лепту. В свою очередь хлорат бария не ограничивается осветительной ролью и слывет среди работников сельского хозяйства стойким борцом с сорняками.

Вот уже почти пять тысячелетий несет свою вахту страж египетских пирамид Большой сфинкс. Высеченный по велению фараона Хефрена из цельного куска известняковой скалы, он имеет львиное тело и голову, которой приданы черты самого Хефрена. Быть может, фараон и блистал красотой, но за долгие годы гигантская копия его явно потеряла привлекательность: под действием песчаных бурь, дождей и резких смен температуры сфинкс почти лишился носа, левый глаз его стал заметно косить, лицо покрылось глубокими морщинами. Особую тревогу вызывает постоянно худеющая шея статуи. «Сфинкс болен, — писала одна из каирских газет, — и если не будут приняты срочные меры, шея может не выдержать». Несколько лет назад сфинкса пробовали «лечить»: чтобы укрепить части, грозящие рухнуть, ему сделали «инъекции» солей бария. Они помогли, но не надолго. Спустя четыре года каменное изваяние пришлось «закрывать» на капитальный ремонт.



Достаточно большой «послужной список» у окиси бария. В прошлом веке это соединение применяли для получения кислорода: сначала ее прокачивали при 500—600°C и она, поглощая кислород воздуха, превращалась в перекись; при дальнейшем же нагреве (до 700°C) перекись вновь переходила в окись, теряя лишний кислород. Так «добывали» кислород почти до конца XIX века, пока не был разработан способ извлечения этого газа из жидкого воздуха.

Следующую интересную страницу в биографию окиси бария вписал в 1903 году молодой немецкий ученый Венельт. Произошло это, как говорится, нежданно-негаданно. Однажды ему поручили проверить на платиновой проволочке закон испускания электронов нагретыми телами, открытый незадолго до этого английским физиком Ричардсоном. Первый же опыт полностью подтвердил закон, но Венельт спустя некоторое время решил повторить эксперимент с другой проволочкой. Каково же было его удивление, когда платина стала испускать поток электронов, во много раз больший, чем накануне: прибор, измерявший электронную эмиссию, едва не вышел из строя. Поскольку свойства металла не могли так резко измениться, оставалось предположить, что виновником электронного «шквала» является случайно попавшее на поверхность проволочки

вещество с более высокой способностью к эмиссии электронов, чем платина. Но что же это за вещество?

Ученый стал поочередно наносить на платину различные материалы, подозреваемые в изменении электронного потока, но все они без труда доказывали свою явную непричастность к этому делу. И когда Венельт уже решил, что докопаться до истины ему вряд ли удастся, он вдруг вспомнил, что в смазке насосной установки, принимавшей «участие» в эксперименте, содержалась окись бария, которая могла случайно попасть на платиновую проволочку. Ученый вновь включил приборы. А уже через несколько мгновений его радость не знала границ. Так было открыто вещество, которое по способности испускать электроны при нагреве не имеет себе равных.

Однако к такому выводу научный мир пришел не сразу. После того как Венельт опубликовал результаты своих опытов, многие физики занялись их проверкой. Одно за другим начали появляться в печати сообщения о том, что Венельт сильно преувеличил эмиссионную способность окиси бария. Да и самому Венельту больше не удавалось подтвердить свое открытие. Разочарованный ученый вскоре прекратил опыты.

Лишь спустя почти четверть века окисью бария заинтересовался англичанин Коллер. Он провел ряд более совершенных экспериментов и сумел установить, что если окись бария нагревать в вакууме при очень низких давлениях кислорода, то электронная эмиссия вещества будет весьма высокой; если же давление кислорода во время нагрева повышается, то эмиссия резко падает. Этот вывод, с одной стороны, восстанавливал научное реноме Венельта, но, с другой, вполне совпадал с мнением его оппонентов. А так как при нагреве окись бария не меняла ни своего химического состава, ни кристаллической структуры, возникла новая загадка: почему одно и то же вещество ведет себя столь различно, хотя по всем законам его свойства должны быть одинаковыми?

Примерно в эти же годы немецкий ученый Поль обнаружил отклонения от общепринятых норм в поведении ряда других простых веществ и тем самым подлил масла в огонь. Впрочем, точнее сказать, он бросил в огонь соли. Да-да, кристаллы обычной поваренной соли, или хлористого натрия. Прогревая эти кристаллы в парах натрия, Поль с удивлением наблюдал, как они становились фиолетовыми. Нечто подобное произошло и с кристаллами хлористого калия: при нагреве в калиевых парах вещество посинело. Но ведь и с этими соединениями, как и с окисью бария, в результате проведенных опытов ничего не должно было произойти.

Ничего? Оказывается, кое-что все-таки происходило. Объяснить сущность загадочных явлений сумел в 1935 году тот же Поль. По его гипотезе, для каждого кристаллического вещества характерно постоянное соотношение в кристалле не атомов разного вида, а так называемых узлов решетки. Для поваренной соли, например, одни узлы принадлежат катионам натрия, а другие — анионам хлора. Каждая пара таких узлов обязательно образует как бы «двухкомнатную квартиру», причем «жильцы» могут там и не находиться. Если соотношение разнородных ионов в кристаллах не соответствует стехиометрическому соотношению, характерному для данного вещества (такие кристаллы получили позднее название нестехиометрических), то и свойства его могут меняться.

Поль резонно предположил, что при нагреве соли в парах натрия на поверхность кристалла могут попасть атомы этого элемента. При этом каждый из них отдает электрон, превращаясь в катион, и строит для себя «комнатку» (узел решетки), но тут же к нему, покинув свое прежнее «жилье» в кристалле, пристраивается анион хлора — будущий сосед по новой «двухкомнатной квартире». Освободившееся от аниона хлора «помещение» (вакансия) становится на первых порах пристанищем для электрона, отпущенного атомом натрия. Но электроны — «свободолюбивый народ» и долго находиться взаперти им не по душе. Чтобы вырваться наружу, электрон должен получить энергию, соответствующую кванту желтого цвета. Поэтому нестехиометрические кристаллы поваренной соли, содержащие избыток натрия, поглощают желтый свет и, повинаясь законам спектра, принимают фиолетовую окраску. Тщательные измерения позволили дать ответ и на вопрос, сколько же избыточных атомов натрия необходимо для такого изменения цвета; оказалось, что всего лишь тысячные доли процента.

Но вернемся к окиси бария. В 1953 году американский ученый Спроул нагрел бесцветные крупинки этого вещества в жидком барии — кристаллы стали красными. По-видимому, решил Спроул, в них произошли те же изменения, что и в поваренной соли, с той лишь разницей, что там вакансия одновалентного хлора задерживала один электрон, а в окиси бария вакансия двухвалентного кислорода была вправе рассчитывать на электронную пару. Именно этим, по мнению ученого, и объяснялась высокая эмиссия электронов, так как вакансии кислорода служили их естественными источниками. Гипотеза подкупала своей простотой. Оставалось лишь провести некоторые измерения, чтобы убедиться в том, что поток электронов находится в прямой зависимости от количества избыточного бария в кристаллах. И вот тут-то снова произошла осечка: опыты, проведенные в лаборатории американской фирмы «Белл телефон», казалось бы, не оставляли от гипотезы Спроула камня на камне. В чем же дело?

Для решения этой проблемы понадобилось 15 лет кропотливого труда. В конце 50-х годов советские химики А. Бундель и П. Ковтун, ознакомившись с экспериментами фирмы «Белл телефон», предположили, что ее сотрудники допустили ошибку в самой методике проведения опытов: на металлическую подложку наносилась тонкая пленка окиси бария и в ней определяли избыток бария. Столь малого количества вещества оказывалось недостаточно для точного химического анализа. К тому же при высоких температурах пленка могла загрязниться примесями подложки, что, разумеется, искажало истинную картину. Но, как известно, на ошибках учатся.

Чтобы не повторить просчетов американских коллег, Бундель и Ковтун в своих опытах использовали чистейшую окись бария, взяв ее в большом количестве, а доступ примесям был «категорически воспрещен» тем, что нагрев проводился в специально подобранном химически стойком материале. Из года в год совершенствовалась методика и техника эксперимента, но задача была настолько трудна, что лишь совсем недавно удалось поставить точки над *i*: именно крохотные количества избыточного бария, измеренные с ювелирной точностью, действительно, как и полагал Спроул, обуславливают эмиссию электронов. Так окончательно была разгадана природа явления, открытого еще в начале нашего века. Добавим лишь, что изображение, возникающее на экране вашего телевизора, «нарисовано» пучком электронов, вырвавшихся из нестехиометрических кристаллов окиси бария.



В последние годы окись бария (вполне нормальная со стехиометрической точки зрения) понадобилась для изготовления так называемых керамических магнитов. Для этого смесь порошков окиси бария и железа спекают под прессом в сильном магнитном поле. Образующийся феррит бария обладает интересными магнитными свойствами и все чаще применяется в технике.

Но, пожалуй, самым важным соединением бария сегодня с полным правом можно считать его титанат, получивший мировое признание как отличный сегнетоэлектрик. Своим названием этот новый класс химических веществ обязан французскому аптекарю Э. Сеньету, который еще в середине XVII века открыл двойную калиево-натриевую соль винной кислоты — сегнетову соль, завоевавшую вскоре репутацию неплохого слабительного средства. На этом скромном поприще соль трудилась более двух с половиной столетий, пока в 1918 году американский ученый Д. Андерсон не установил, что в интервале температур от (-15) до +22°C она обладает весьма высокой диэлектрической проницаемостью, оставаясь поляризованной даже в отсутствие внешних электрических полей.

В 1944 году советский физик Б. М. Вул обнаружил незаурядные сегнетоэлектрические способности у титаната бария, который сохранял их в широком температурном диапазоне — почти от абсолютного нуля до +125°C. Поскольку титанат бария характеризуется большой механической прочностью и влагостойкостью и может быть получен без особых хлопот, неудивительно, что он занял среди сегнетоэлектриков одно из самых почетных мест, являясь прекрасным материалом для электрических конденсаторов. Благодаря сильно выраженному пьезоэффекту (изменению электрических характеристик под действием давления) эта соль бария нашла постоянную работу в пьезоэлементах.

В наш век — век небывалого технического прогресса — все шире становится круг химических элементов, которые претендуют на «ответственные должности» в науке, промышленности, сельском хозяйстве и других областях человеческой деятельности. Однако многие элементы с трудом делают карьеру из-за того, что их очень мало в земной коре. В этом отношении барий повезло: оболочка нашей планеты содержит 0,05% бария — в несколько раз больше, чем, например, никеля, кобальта, цинка и свинца, вместе взятых. Значит, дело за ним самим, да за учеными, которые призваны находить металлам, сплавам, соединениям новые интересные роли.

Одна из таких ролей — создание искусственных комет. Да, не удивляйтесь: выпущенные с борта космического аппарата на большом удалении от Земли пары бария превращаются в яркое плазменное облако, с помощью которого ученые осуществляют разнообразные исследования, ведут оптические наблюдения, определяют траекторию движения космических летательных аппаратов. Впервые искусственная комета была образована в 1959 году во время полета советской автоматической межпланетной станции «Луна-1». В начале 70-х годов западногерманские и американские физики, проводя совместные исследования электрического и магнитного поля Земли, выбросили над территорией Колумбии (на очень большой высоте) около 15 килограммов мельчайших частиц бария, которые образовали плазменное облако, наблюдавшееся из разных точек Америки. Вытянувшись вдоль магнитных линий земного шара, барий позволил уточнить их расположение.

В 1979 году с борта ракет, запущенных со шведского полигона в Кируне, в космическое пространство были также выброшены струи бария. Под действием солнечных лучей барий легко ионизировался и создал свечение, которое можно регистрировать на большом расстоянии с помощью сверхчувствительных

телевизионных установок. Бариевое облако должно было пролить свет на некоторые процессы, связанные с полярным сиянием. Изучение характера движения облака позволит, в частности, судить об электрических полях, встречающихся на пути небесных скитальцев — ионов бария. Интересно, какие роли ждут барий завтра?

«ЖИЛ ЭЛЕМЕНТ РАССЕЯННЫЙ»... (ГАФНИЙ)



Кому повезло? — Частица Святого Носа. — Мыльные пузыри. — Бушуют споры. — Во славу древних племен. — Открытие Мозли. — На чашах весов. — В поддержку «земляков». — Не судьба...— Где живут рассеянные? — Кое-что о близнецах. — Препоны и рогатки. — Карьера под угрозой. — Гамлетовский вопрос. — Взгляды придется пересмотреть. — Реактор или атомная бомба? — Хуже яда. — На вес золота. — Чудо-смолы. — Список претендентов. — Сапфир или фианит? — Можете завидовать.

Даже при беглом взгляде на таблицу химических элементов на ней нетрудно заметить явный географический налет: многие ее обитатели получили свои имена в честь различных городов, стран, континентов. Разумеется, «повезло» далеко не всем географическим названиям. Так, из материков лишь у Европы и Америки есть химические «тезки». А вот Азия, например, оказалась менее удачливой, чем ее соседки по глобусу, хотя была весьма «близка к успеху». Вы сами в этом убедитесь, если ознакомитесь с событиями, которые произошли в начале нашего века в Петербурге.

Незадолго до первой мировой войны один из работников Минералогической лаборатории привез в Петербург из Забайкалья с полуострова Святой Нос минерал ортит. В эти годы внимание многих ученых было приковано к проблеме радиоактивности. Поскольку имелись основания предполагать, что в ортите содержится один из наиболее интересных радиоактивных элементов — торий, минерал решили подвергнуть химическому анализу. Возглавлявший лабораторию замечательный геохимик академик В. И. Вернадский поручил эту работу своему ученику К. А. Ненадкевичу. Вскоре тому действительно удалось извлечь из ортита крупинцы предполагаемого тория, но ученый не был уверен, что выделил именно торий.

По совету Вернадского Ненадкевич определил атомный вес этого элемента. Оказалось, что он равен 178 с десятными долями, в то время как атомный вес тория 232. Это означало, что в соответствии с периодическим законом выделенный из ортита элемент должен находиться в таблице Д. И. Менделеева между лютецием и танталом — в клетке № 72, которая в то время еще пустовала. Ненадкевич торжественно объявил Вернадскому: «Мы открыли новый элемент, Владимир Иванович!»

Как ни велико было желание оповестить об этом открытии научный мир, Вернадский все же счел нужным предупредить своего взволнованного ученика: «Подождите радоваться. Это надо сто раз проверить, прежде чем объявлять...» Но тут же спросил: «Откуда ортит?»—«Из Забайкалья».—«Значит, родом из Азии. Так и назовем его азиатом».

Но, видимо, судьбе было неуютно, чтобы самый большой материк «породнился» с простым химическим элементом. Начавшаяся вскоре первая мировая война, революция, гражданская война отодвигали вопрос об исследовании нового элемента все дальше и дальше, вплоть до того дня, когда... Впрочем, не будем забегать вперед, а расскажем вам о других событиях, имевших самое прямое отношение к описываемому элементу.

Когда Менделеев «расселил» в таблице все известные химические элементы, то клетка № 72 осталась незанятой. Можно было лишь предположить, что атомный вес ее будущего обитателя близок к 180, а сам он, располагаясь под цирконием, должен иметь сходные с ним свойства и в природе находится в компании с ним.

О том, что в циркониевых рудах присутствует какая-то неизвестная примесь, многие химики подозревали и раньше. В XIX веке было опубликовано немало сообщений о якобы открытом в минералах циркония новом элементе. Названия этого элемента менялись — остраний, норий, яргоний, нигрий, эвксений, но все они жили чуть дольше мыльных пузырей, потому что тщательная научная проверка каждый раз опровергала выводы авторов этих «открытий».

Выяснение личности «семьдесят второго» в значительной мере осложнялось тем, что к этой клетке таблицы примыкало слева «густонаселенное общежитие», где проживало редкоземельное семейство во главе с лантаном. Никто тогда толком не знал, сколько же «редких земель» существует на свете. Вокруг элемента № 72 разбушевались споры. Одни ученые продолжали считать, что он должен быть химическим родственником циркония, другие с ними не соглашались, утверждая, что претендент на эту вакансию должен иметь редкоземельное «происхождение».

В 1895 году датчанин Юлиус Томсен выступил с теоретическим обоснованием первой точки зрения, однако противники и не думали складывать оружие. В начале XX века стало широко известно имя французского химика Жоржа Урбена. Он внес немалый вклад в изучение редкоземельных металлов, зато элемент № 72 вправе предъявить ему серьезные претензии. И вот почему.

В 1907 году Урбен открыл лютеций—тот, что занимает в таблице клетку № 71 и замыкает правый фланг в строю лантаноидов. Сам же Урбен считал, что за лютецием должен располагаться еще один редкоземельный элемент. В 1911 году химик заявил, что в рудах редких земель им открыт этот последний представитель семейства лантана, который якобы вправе занять пустующее «помещение» № 72. В честь

древних племен кельтов, некогда населявших территорию Франции, Урбен назвал его кельтием.



Спустя два года молодой английский физик Генри Мозли совершил чрезвычайно важное открытие: он установил, что заряд атомного ядра, или, иными словами, порядковый номер элемента, можно определить опытным путем — на основе исследования его рентгеновских спектров. Когда Мозли подверг рентгеноспектральному анализу образец кельтия, он не обнаружил тех линий, которые должен был бы дать спектру элемент № 72. Мозли сделал вывод: «Нет никакого кельтия! Элемент Урбена — всего лишь смесь известных редких земель».

Однако Урбен не хотел примириться с потерей кельтия и поспешил объяснить малоприятные для него результаты опытов Мозли несовершенством приборов, которыми тот пользовался. А поскольку осенью 1915 года, сражаясь в рядах британского экспедиционного корпуса на Галлипольском полуострове вблизи пролива Дарданеллы, Генри Мозли погиб, возразить Урбену он уже не мог. Более того, когда в 1922 году соотечественник Урбена физик А. Довилье провел по его просьбе тщательное исследование и заметил в спектре смеси лантаноидов две едва различимые линии, характерные для элемента № 72, кельтий вновь обрел «права гражданства».

Но радость Урбена была недолгой, и «помог» ему в этом знаменитый датский физик Нильс Бор. К этому времени электронная теория строения атомов, разработанная Бором, уже вполне позволяла создать модель атома любого элемента. Согласно этой теории, атом элемента № 72 никак не мог походить на атомы редких земель, а, напротив, должен был походить на атомы элементов четвертой группы — титана и циркония.

Итак, на одной чаше весов оказались опыты и рассуждения Урбена, подкрепленные экспериментом Довилье, на другой — мнение Менделеева, рассуждения Томсена и расчеты Бора, пока еще не подтвержденные практическими работами. Так кто же прав?

Вскоре ответ был получен. Дали его венгерский химик Дьердь Хевеши и голландский физик Дирк Костер. Всецело доверяя авторитету Нильса Бора, они предприняли попытку найти элемент № 72 в минералах циркония. В 1923 году им удалось обнаружить новый элемент в норвежской циркониевой руде, а рентгеноспектральный анализ показал, что заряд его атомного ядра равен 72. По химическим же свойствам он, как и полагали Менделеев, Томсен и Бор, оказался близким аналогом циркония. Поскольку научная аргументация открытия была безупречной, в периодической системе появилось новое название — гафний. Хевеши и Костер дали ему это имя в честь древнелатинского названия Копенгагена (Гафния), где состоялось его рождение.

Ошибочность взглядов Урбена и Довилье не вызывала уже сомнений, и кельтию был вынесен приговор: «Из таблицы элементов исключить. Оставить лишь в анналах истории химии». И хотя приговор был окончательный и обжалованию не подлежал, ученые Франции, пытаясь отстоять приоритет своих соотечественников, еще четверть века именовали элемент № 72 «кельтием». Лишь в 1949 году 15-я конференция Международного союза чистой и прикладной химии навсегда «похоронила» это название.

Итак, чаша весов склонилась в пользу теории: периодический закон Менделеева и электронная модель строения атома Бора торжествовали победу. Но в таком случае, что за слабые линии видел в спектре смеси лантаноидов Довилье? Неужели, чтобы доказать явно предвзятую точку зрения Урбена, ученый пошел на сделку с совестью? Ничего подобного. Довилье действительно видел эти линии, и они действительно принадлежали элементу № 72: ведь иногда в природе гафний встречается совместно с редкоземельными металлами. Это и ввело в заблуждение французского физика.

Теперь настало время вернуться к началу нашего рассказа. Вы уже поняли, должно быть, что в петербургской Минералогической лаборатории Вернадский и Ненадкевич напали на след именно гафния, но поскольку открыть его «по всем правилам» они не успели, элемент получил свое название не в честь Азии, как предлагал Вернадский, а в честь датской столицы, как пожелали Хевеши и Костер, имевшие на то полное право.

Что же представляет собой гафний? Видимо, мало кто из читателей держал в руках этот серебристо-белый блестящий металл. В то же время запасы его в природе отнюдь не назовешь скудными: достаточно сказать, что гафния в 25 раз больше, чем серебра, и в тысячу (!) раз больше, чем золота. А уж серебро и золото,

наверное, видел каждый. Чем же объяснить такой парадокс?

Во всем виновата чрезвычайная рассеянность гафния: он так распылен по белу свету, что на всей земле нет ни одного месторождения этого элемента. Словно тень, он неотступно следует за цирконием: в любом минерале циркония есть хоть немного гафния. Однако лишь циркон, в котором на каждые сто атомов циркония приходится в среднем всего один атом гафния, может быть использован промышленностью как гафниевое сырье. Но между «может быть использован» и металлическим гафнием лежит длинный и сложный технологический путь. И усложняет его не кто иной, как... цирконий.



Дело в том, что цирконий и гафний — химические близнецы. «Вот так близнецы, — вправе возразить дотошный читатель. — Ведь цирконий был открыт в 1789 году и, значит, старше гафния чуть ли не на полтора столетия. Он ему в пра-пра-прадедушки годится!» И тем не менее редкая пара элементов может продемонстрировать столь поразительное сходство химических свойств, каким обладают цирконий и гафний. До сих пор не найдено реакции, в которую вступал бы один из них и не желал бы вступать другой.

Из-за этого сходства химики долго не замечали гафний, и поэтому тот оказался значительно моложе циркония. Оно же ставит на пути технологов, стремящихся разлучить близнецов, многочисленные «препоны и рогатки». Еще не так давно для разделения циркония и гафния приходилось выполнять 500 операций растворения и кристаллизации, основанных на буквально микроскопической разнице в растворимости солей этих элементов. Нетрудно представить, во что обходилась такая процедура. Поэтому всего каких-нибудь полтора десятка лет назад никто не занимался производством гафния в промышленных масштабах: нужен он был только ученым для исследовательских целей — им хватало нескольких килограммов в год.

Что же касается циркония, который всегда содержал примеси гафния, то большой бедой это не считалось: «Гафний, так гафний. Разве он мешает цирконию?»

До поры до времени гафний и в самом деле не мешал своему более маститому собрату. Цирконий обычно использовали как коррозионностойкий материал, и примеси гафния, которому борьба с коррозией тоже была вполне по плечу, не становились ложкой дегтя. Но когда цирконий получил ответственное назначение — стал служить «одеждой» урановых стержней в ядерных реакторах, родство с гафнием могло губительно повлиять на его «карьеру». Дело в том, что, несмотря на необыкновенное сходство этих элементов, по одному вопросу их «мнения» принципиально расходятся. «Пропускать или не пропускать нейтроны»? — эту дилемму каждый из них решает по-своему: если цирконий практически прозрачен для нейтронов, то гафний, наоборот, жадно их поглощает. Материал, в который «одевают» уран, не должен быть препятствием для инициаторов ядерной реакции. Чистый цирконий подходит для этой цели как нельзя лучше. Но присутствие всего лишь 2% гафния ухудшает «пропускную способность» циркония в 20 раз.



Ученые вынуждены были всерьез задуматься над проблемой получения циркония так называемой реакторной чистоты, т. е. практически не содержащего гафния (не более 0,01%). Полтысячи операций, разумеется, не устраивали промышленность, и наука нашла выход: вскоре был разработан достаточно эффективный и экономичный способ очистки циркония от гафния. Гафний же в виде гидроксида, получаемой в процессе разделения, поначалу рассматривался как побочный продукт. Однако вскоре эти взгляды пришлось изменить: технике потребовался и сам гафний, причем для чего бы вы думали? Для использования в... ядерных реакторах, где он прежде считался персоной «нон-грата».

Ни один реактор не мог бы работать без регулирующих стержней, которые, будучи

нейтрононепроницаемыми, позволяют управлять ходом ядерной реакции. Когда регулирующие стержни выведены из активной зоны реактора, нейтроны обретают простор, они начинают быстро «размножаться», реакция протекает все энергичнее. Но за нейтронами нужен глаз да глаз. Если не сдерживать их «порывы», реактор превратится в... атомную бомбу со всеми вытекающими отсюда последствиями. Чтобы этого не произошло, регулирующие стержни поглощают избыточные нейтроны. Ну, а попробуйте найти лучший поглотитель нейтронов, чем гафний, да еще с такой отличной механической прочностью, с таким умением сопротивляться коррозии и высоким температурам?

Если к началу 50-х годов в США было получено менее 50 килограммов гафния, то уже спустя примерно 10 лет ежегодное производство его достигало 60 тонн, причем на повестке дня уже стоял вопрос о получении ультрачистого гафния — без губительных примесей циркония, мешающего ему работать в ядерной энергетике.

Как и большинство других новых материалов, гафний пока еще очень дорог: по американским данным, гафниевый прокат в несколько раз дороже серебра. Это, с одной стороны, сдерживает его применение, а с другой — предъявляет химикам и металлургам законное требование: создать такие способы получения этого металла, которые позволили бы резко снизить его стоимость.

Весьма перспективно для этой цели применение так называемых ионообменных смол. Если через колонку, содержащую эти смолы, пропустить раствор циркония и гафния, то на выходе в растворе не окажется гафния—он «застрянет» в смолах, а в результате последующей промывки колонки кислотой предстанет очищенным от циркония.

На гафний начинают претендовать различные области техники. Металлурги, например, не без основания считают, что он может благотворно влиять на механические свойства других металлов, принимать участие в создании специальных жаростойких сталей. Тугоплавкость гафния (температура плавления свыше 2200°C!) в сочетании со способностью быстро поглощать и отдавать тепло делают его подходящим конструкционным материалом для деталей реактивных двигателей (турбинных лопаток, клапанов, сопел и т. д.). Правда, есть одно «но»: гафний несколько тяжеловат—вдвое тяжелее, чем цирконий, и втрое, чем титан, а уж с таким легковесом, как бериллий, и сравнивать не приходится! В химическом машиностроении этот недостаток проявляется в меньшей мере, зато здесь высокие антикоррозионные свойства гафния могут быть оценены по достоинству.

Нельзя не сказать об использовании гафния в электротехнической и радиотехнической промышленности. Его применяют при изготовлении радиоламп, рентгеновских и телевизионных трубок. Добавки двуокиси гафния к вольфраму резко увеличивают срок службы нитей накаливания. Другие соединения гафния — нитрид и особенно карбид, который плавится почти при 4000°C, несомненно займут почетное место в списке особо заслуженных огнеупорных материалов.

Несколько лет назад на страницах газет и журналов появилось новое слово — «фианиты». Так ученые Физического института имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР (ФИАН) решили назвать полученные ими рукотворные драгоценные камни — синтетические монокристаллы двуокисей циркония и гафния. Играющие всеми цветами радуги (незначительные добавки различных элементов позволяют получать кристаллы практически любой окраски), фианиты не уступают по красоте сапфиру, топазу, аквамарину, гранату и другим чудесным природным камням. Но красивая внешность — не главное достоинство фианитов. Они сочетают в себе многие уникальные свойства: высокий коэффициент преломления (почти такой же, как у алмазов), твердость, тугоплавкость, химическую стойкость. Если учесть к тому же, что фианиты сравнительно недороги, то станет понятной та популярность, которую они быстро завоевали в мире науки и техники. Из них изготавливают оптические линзы, призмы, «окна», способные работать при высоких температурах даже в химически агрессивных средах. В «послужном списке» фианитов почетное место занимает их работа в качестве лазерных материалов.

И все же ядерная энергетика, потребляющая сегодня свыше 90% производимого в мире гафния, видимо, долгие годы еще будет монополистом в расходовании этого металла. Что ж: быть одним из важнейших материалов в одной из важнейших областей современной техники — этому, пожалуй, могут позавидовать многие другие металлы.



СЕКРЕТ СТАРЫХ ОТВАЛОВ (РЕНИЙ)



Где собака зарыта? — Есть вакансии. — Химические «лжедмитрии». — Поиски неуловимых. — Позвольте усомниться! — «Апартамент» занят. — Последний из могикан. — Уникальная река. — На вершине пирамиды. — Копнем-ка недра! — Почем фунт рения? — Раз, два и обчелся. — Необычный октет. — Чудеса старика Хоттабыча — События на

границах. — Волшебные нити. — Контакты нужно наладить. — С помощью ЭВМ. — Защитная «рубашка». — Увлечение катализом. — Шлагбаум на пути. — Знатные гости.

В конце 20-х годов нашего века крупная зарубежная фирма обратилась к директору одного из заводов цветных металлов в Сибири с выгодным, казалось бы, предложением: продать ей за довольно солидную сумму отвалы пустой породы, скопившиеся около заводской территории.

«Неспроста, должно быть, иностранцы заинтересовались отходами производства», — подумали работники завода. О том, что фирма действовала, как говорится, не корысти ради, а лишь обуреваемая желанием улучшить финансовое положение советского предприятия, разумеется, не могло быть и речи. Значит, нужно было найти, где собака зарыта. И заводские химики принялись тщательно исследовать старые отвалы. А уже вскоре все стало ясно: оказалось, что «пустая» порода содержала редчайший металл рений, открытый за несколько лет до описываемых событий. Поскольку мировое производство рения измерялось в то время буквально граммами, цена на него была поистине фантастической. И немудрено, что представители зарубежной фирма готовы были раскошелиться, лишь бы заполучить драгоценные отвалы. Но к их великому огорчению сделка по вполне понятным причинам не состоялась.

Что же представляет собой рений и чем был вызван повышенный интерес к нему?

Приоритет открытия этого металла принадлежит немецким ученым супругам Иде и Вальтеру Ноддак, однако у них было немало предшественников, стремившихся ускорить торжества по поводу нового элемента. Дело в том, что еще в 1871 году Д. И. Менделеев предсказал, что в природе «обязаны» существовать два химических аналога марганца, которые в периодической системе должны располагаться под ним, занимая пустовавшие в то время клетки № 43 и 75. Менделеев условно назвал эти элементы эка-марганцем и два-марганцем.

Претендентов на появившиеся вакансии оказалось более чем достаточно. История химии хранит множество сообщений об открытиях новых элементов, которые после тщательной проверки приходилось «закрывать». Так было и с аналогами марганца. В роли первооткрывателей этих загадочных незнакомцев не прочь были выступить многие химики разных стран, но «открытым» ими элементам (ильмению, дэвию, люцию, ниппонию) суждено было лишь попасть в историю науки, но не заполнить вакансии периодической таблицы. Правда, один из них — дэвий, открытый в 1877 году русским ученым С. Керном и названный в честь знаменитого английского химика Г. Дэви, давал реакцию, которую в наше время используют в аналитической химии для определения рения. Может быть, Керну и в самом деле довелось держать в руках крупинцы темно-серебристого металла, того, что спустя полвека официально появился на свет под названием рений? Но как бы то ни было в клетках №43 и 75 продолжали торчать унылые вопросительные знаки.

Период неизвестности длился до тех пор, пока в поиски неуловимых элементов не включились немецкие химики Вальтер Ноддак и Ида Такке, которые вскоре, видимо, решили, что работа пойдет успешнее, если они скрепят свой научный союз еще и брачными узами.

Первым объектом их исследований, начатых в 1922 году, стала платиновая руда, однако экспериментировать с ней было довольно накладно, и ученым пришлось переключиться на материалы «попроще». К тому же теоретические работы, которые параллельно с экспериментами вели супруги, убеждали их в том, что, вероятнее всего, искомые элементы № 43 и 75 прячутся в природе в минералах типа колумбитов. Кроме того, теория позволила ученым рассчитать и приблизительное содержание в земной коре этих не поддающихся открытию элементов: оказалось, что на каждый их атом приходится миллиарды атомов других представителей химического мира. Стоило ли при этом удивляться, что так долго пустовали «квартиры» № 43 и 75, а их будущие обитатели тем временем водили за нос не одно поколение химиков?



Эксперименты супругов Ноддак поражали своим размахом: в течение года они, пользуясь разработанным незадолго до этого рентгеноспектральным методом, «прощупали» 1600 земных минералов и 60 пришельцев из космоса — метеоритов. Титанический труд увенчался успехом: в 1925 году ученые объявили о

том, что нашли в колумбите два новых элемента — мазурий (№ 43) и рений (№ 75).

Но объявить об открытии — еще не все. Нужно суметь доказать свою правоту тем, кто поставит под сомнение рождение новых элементов. Одним из таких ученых, усомнившихся в том, что пришла, наконец, пора на место знаков вопроса поставить в таблицу Д. И. Менделеева символы Ma и Re, был известный немецкий химик Вильгельм Прандтль. Крупный теоретик и блестящий экспериментатор, он вступил в ожесточенную дискуссию с супругами Ноддак. Те, в свою очередь, готовы были любой ценой защищать свой престиж. В конце концов «схватка», за ходом которой с интересом следил научный мир, закончилась вничью: убедительных доказательств в отношении мазурия супруги Ноддак представить не смогли, зато рений к этому моменту существовал уже не только на рентгеноспектрограммах: в 1926 году было выделено 2 миллиграмма нового металла, а спустя год — 120 миллиграммов!

Да и работы других ученых — англичанина Ф. Лоринга, чехов И. Друце, Я. Гейровского и В. Долейжека (они независимо от супругов Ноддак, но лишь на несколько месяцев позже обнаружили элемент № 75 в марганцевых рудах) — свидетельствовали о том, что нашелся истинный владелец соответствующего «апартамента» периодической таблицы.

Рений оказался практически «последним из могикан» — элементов, обнаруженных в природных материалах. В дальнейшем удалось заполнить еще несколько оставшихся пустыми клеток периодической системы элементов Д. И. Менделеева, но их обитатели были уже получены искусственным путем — с помощью ядерных реакций. Первым среди них суждено было стать бывшему мазурию — элементу № 43, который открывшие его в 1937 году итальянские ученые Э. Сегре и К. Перье назвали технецием (что по-гречески означает «искусственный»).

Но вернемся к рению. Своим именем металл обязан реке Рейн. Рейнская область — родина Иды Ноддак; здесь же и сам рений впервые увидел свет. (Заметим, что ни одной другой реке нашей планеты химик и физики не оказали столь высокой чести.) Промышленное производство нового металла развернулось в начале 30-х годов в Германии, где были найдены молибденовые руды с большим содержанием рения — 100 граммов на тонну. Всего одна щепотка на гору руды, но для рения и такую концентрацию можно считать необычайно высокой: ведь его среднее содержание в земной коре в десятки тысяч раз ниже. Немного найдется элементов, которые встречаются в природе еще реже, чем рений.

Распространенность химических элементов часто для наглядности изображают в виде пирамиды. Ее широкое основание составляют кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, которыми богата Земля, а рений располагается в «поднебесье» — на самом остром вершине.

Как полагал академик А. Е. Ферсман, для рения характерно «тяготение» к тем зонам земного шара, которые прилегают к его ядру. Возможно, со временем геологи сумеют проникнуть в самые недра нашей планеты и газеты всего мира опубликуют сенсационное сообщение об открытии там богатейшего рениевого месторождения...

В 1930 году мировое производство рения составляло всего... 3 грамма (зато каждый из этих граммов стоил ни мало, ни много — 40 тысяч марок!). Но уже спустя 10 лет только в одной Германии было получено примерно 200 килограммов этого металла.



С тех пор интерес к рению растет как на дрожжах. Он оказался одним из самых тяжелых металлов — чуть ли не в три раза тяжелее железа. Только осмий, иридий и платина по плотности немного превосходят рений. Характерная его черта — необычайная тугоплавкость: по температуре плавления (3180 °C) он уступает лишь вольфраму. А температура его кипения настолько высока, что до сих пор ее не удалось определить с большой степенью точности. Можно лишь сказать, что она близка к 6000°C (только вольфрам кипит примерно при такой же температуре). Еще одно важное свойство этого металла — высокое электросопротивление.

Не менее любопытны и химические свойства рения. Ни один другой элемент периодической системы не может похвастать тем, что, подобно рению, имеет восемь различных окислов. Кроме этого «октета» окислов, где валентность рения меняется от 8 до 1, он — единственный среди всех металлов — способен образовать ионы (так называемые «ренид-ионы»), в которых металл отрицательно одновалентен.

Рений весьма устойчив на воздухе: при комнатной температуре его поверхность остается блестящей десятилетиями. В этом с ним могут конкурировать, пожалуй, лишь золото, платина и другие представители «благородного семейства».

Если оценить все металлы с точки зрения их коррозионной стойкости, то в этой «табели о рангах» рению по праву должно быть предоставлено одно из самых почетных мест. Ведь самые «злые» кислоты — плавиковая, соляная, серная — не в силах с ним справиться, хотя перед азотной кислотой он пасует.

Как видите, свойства рения достаточно разнообразны. Многогранна и его деятельность в современной технике. Пожалуй, наиболее важную роль рений играет в создании различных кислотоупорных и жаропрочных сплавов. Техника XX века предъявляет к конструкционным материалам все более и более жесткие требования.

Возможно, старику Хоттабычу для получения сплава с любыми заданными свойствами понадобилось бы лишь вырвать два-три волоска из своей бороды. Ученым же, не обладающим даром волшебства, приходится тратить на это долгие годы, да и «расход» волос при этом порой бывает значительно выше.

Можно с полным основанием сказать, что с тех пор, как создатели сплавов взяли на вооружение рений, им удалось добиться немалых успехов. Во всяком случае жаропрочные сплавы этого металла с вольфрамом и танталом уже успели завоевать признание конструкторов. Еще бы: мало какому материалу по плечу сохранять при «адских» температурах— до 3000°С!—ценные механические свойства, а для рениевых сплавов — это не проблема.

Особый интерес металловедов вызывает «рениевый эффект»—благоприятное влияние рения на свойства вольфрама и молибдена. Дело в том, что эти тугоплавкие металлы, которые не только не боятся высоких температур, но и стойко переносят при этом значительные нагрузки, в обычных условиях (не говоря даже о легком морозе) ведут себя весьма капризно: они хрупки и от удара могут разлететься на кусочки, как стекло. Но оказалось, что в сочетании с рением вольфрам и молибден образуют прочные сплавы, сохраняющие пластичность даже при низких температурах.

Природа «рениевого эффекта» еще недостаточно изучена. Как полагают ученые, суть его в следующем. В процессе производства в вольфрам и молибден иногда проникает «инфекция»—углерод. Поскольку в твердом состоянии эти металлы совершенно не растворяют углерод, ему ничего не остается, как расположиться в виде тончайших карбидных пленок по границам кристаллов. Именно эти пленки и делают металл хрупким. У рения же с углеродом иные «взаимоотношения»: если его добавить к вольфраму или молибдену, то ему удастся удалить углерод с пограничных участков и перевести в твердый раствор, где тот практически безвреден. Теперь уже для хрупкости у металла нет оснований и он становится вполне пластичным. Вот почему из сплавов вольфрама и молибдена с рением можно изготовить фольгу или проволоку в несколько раз тоньше человеческого волоса.

Для сверхточных навигационных приборов, которыми пользуются космонавты, летчики, моряки, необходимы так называемые торсионы—тончайшие (диаметром всего несколько десятков микрон!), но удивительно прочные металлические нити. Лучшим материалом для них считается молибденорениевый сплав (50% рения). Оценить его прочность можно по такому факту: проволочка из него сечением в 1 квадратный миллиметр способна выдержать нагрузку в несколько сот килограммов!



Сегодня трудно найти на земле уголок, куда бы не проникло еще электричество. В промышленности и сельском хозяйстве, на транспорте и в быту постоянно трудится несчетное число электроприборов. Множество приборов — это множество выключателей, множество контактов. При работе выключателя в нем иногда проскакивает крохотная искорка, которую не следует считать безобидной: медленно, но верно она разрушает электрический контакт, а это приводит к непредусмотренной потере электроэнергии.

Какой бы мизерной ни была эта потеря, но помноженная на миллиарды контактов, она становится огромной. Особенно важно обеспечить стойкость контактов в тех случаях, когда они работают в условиях повышенной температуры или влажности, где вероятность их разрушения возрастает. Вот почему ученые постоянно ищут все более стойкие — прочные и тугоплавкие — материалы для изготовления контактов. Долгое время для этой цели не без успеха применяли вольфрам. Когда же стали известны характеристики рения, выяснилось, что рениевые контакты лучше вольфрамовых. Так, например, вольфрамовые контакты выдерживали совместное «наступление» тропической коррозии и вибрации лишь несколько суток, а затем полностью выходили из строя; рениевые же контакты успешно работают в таких условиях месяцы и даже годы.

Но где же напасть столько рения, чтобы удовлетворить им электротехническую промышленность? Опыты показали, что вовсе не обязательно делать контакт из чистого рения. Достаточно добавить к вольфраму немного этого металла, и эффект будет почти тот же. Зато расходы рения сократятся во много раз: одного килограмма его хватает на десятки тысяч контактов.

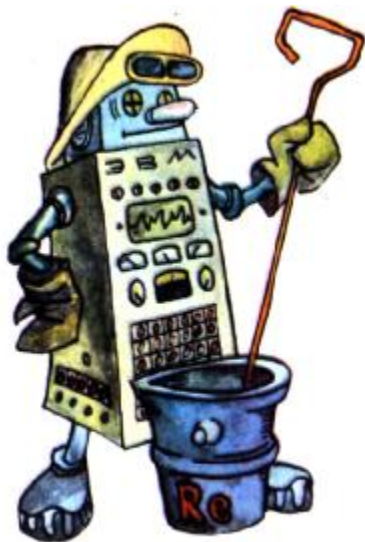
Один из вольфраморениевых сплавов, выпускаемый нашей промышленностью, уже нашел применение более чем в 50 электровакуумных приборах. Использование этого материала в катодном узле электроннолучевой трубки повысило его долговечность до 16 тысяч часов. Это значит, что если экран

телевизора светится в наших домах в среднем по четыре часа в день, то его катодный узел сможет безупречно работать не менее 12 лет.

Замечательные свойства продемонстрировали и другие сплавы рения — с ниобием, никелем, хромом, палладием. Даже небольшие добавки рения повышают, например, температуру плавления хромоникелевого сплава примерно на 200—250 градусов.

Широким диапазоном свойств рениевых сплавов объясняется и многообразие сфер их применения: от высокочувствительных термопар, не боящихся жарких объятий расплавленной стали, до кончиков вечных перьев, опор компасных стрелок и других деталей, которые должны долгое время сохранять большую твердость, прочность, износостойкость.

Число сплавов рения с другими металлами постоянно растет, причем сегодня в подборе «партнеров» для него значительную помощь металловедам оказывает электронная вычислительная техника. С помощью ЭВМ уже предсказаны свойства многих двойных сплавов рения.



Для борьбы с коррозией — вечным врагом металла — ученые разработали немало способов. Хромирование, никелирование, цинкование взяты на вооружение много лет назад, а вот ренирование — процесс сравнительно новый. Тончайшие рениевые покрытия по стойкости не знают себе равных. Они надежно защищают детали от действия кислот, щелочей, морской воды, сернистых соединений и многих других опасных для металла веществ. Цистерны и баки, изготовленные из ренированных стальных листов, применяют, например, для перевозки соляной кислоты.

Ренирование позволяет в несколько раз продлить срок службы вольфрамовых нитей в электролампах, электронных трубках, электровакуумных приборах. После откачки воздуха в баллоне электролампы неизбежно остаются следы кислорода и водяных паров; они же всегда присутствуют и в газонаполненных лампах. На вольфрам эти непрошеные гости действуют разрушающе, но если покрыть нити рениевой «рубашкой», то водород и пары воды уже не в силах причинить вольфраму вред. При этом расход рения совсем невелик: из одного грамма можно получить сотни метров ренированной вольфрамовой нити.

Новая, но очень важная область применения рения — катализ. Металлический рений, а также многие его сплавы и соединения (окислы, сульфиды, перренаты) оказались отличными катализаторами различных процессов — окисления аммиака и метана, превращения этилена в этан, получения альдегидов и кетонов из спиртов, крекинга нефти. Самый многообещающий катализатор — порошкообразный рений, способный поглощать большие количества водорода и других газов. По мнению специалистов, в ближайшие годы на катализационные «нужды» будет расходоваться половина рения, добываемого во всем мире.

Как вы убедились, «безработица» рению не грозит. Однако шлагбаумами на пути широкого использования его в технике оказались редкость и рассеянность этого элемента в природе. В земной коре золота, например, содержится в пять раз больше, чем рения, серебра — в сто раз, вольфрама — в тысячу, марганца — почти в миллион, а железа — в 50 миллионов раз больше. О чрезвычайной рассеянности рения говорит тот факт, что этот элемент не имеет собственных месторождений. Практически единственный минерал, который можно назвать рениевым — джезказганит (он найден вблизи казахского города Джезказган). Обычно же рений встречается в качестве примеси, например, в молибдените (до 1,88 %), колумбите, колчедане и других минералах. Рения в них очень мало — всего от миллиграммов до нескольких граммов на тонну. Стоит ли удивляться, что супругам Ноддак, чтобы получить первый грамм сравнительно чистого металлического рения, пришлось переработать более 600 килограммов норвежского молибденита. По подсчетам специалистов, рениевые запасы всех месторождений капиталистических стран оцениваются всего в тысячу тонн.

Еще один крупный «недостаток» рения — его высокая стоимость: он значительно дороже золота. Тем не менее спрос на этот металл все время растет, особенно в последние годы, когда им заинтересовались творцы ракетной техники.

До недавнего времени рений в нашей стране получали только из медного и молибденового сырья. В конце 70-х годов ученые Института металлургии и обогащения АН Казахской ССР создали технологию извлечения этого ценнейшего металла из полупродуктов свинцового производства. В основе новой технологии лежат ионообменные процессы, позволяющие получать очень чистый металл, обладающий высокими физико-химическими свойствами.

...В 1960 году в Институт металлургии имени А. А. Байкова Академии наук СССР приехали иностранные гости. Казалось бы, для работников института, имеющего мировое значение, в этом факте не было ничего примечательного — здесь привыкли к визитам зарубежных коллег любого ранга. Однако гости, о которых идет речь, — убеленная сединами супружеская пара — вызывали особое уважение: это были приехавшие в Москву супруги Ноддак. Долго ходили они по комнатам лаборатории редких и тугоплавких металлов и сплавов. Их интерес был понятен: ученые лаборатории под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР Е. М. Савицкого уже несколько лет занимались исследованием рения и сумели получить весьма важные результаты.

Замечательному металлу предстояло в стенах института раскрыть новые грани своего дарования, обрести новые профессии, и, конечно же, супругов Ноддак не могла не волновать дальнейшая судьба их детища.

«ОБИДА» БЛАГОРОДНОГО МЕТАЛЛА (ОСМИЙ)



Трифиллий или Варахасий? — Горькая обида. — Поиск ведут знатоки. — Хлор редки не слаще. — Благородное происхождение. — Три богатыря. — Все становится на свое место. — Сомнительная слава. — Что почем? — Твердость в почете. — Секрет вечности. — Неразлучный дуэт. — Ответственный пост. — Игра стоит свеч. — Большой спрос. — Семь «братьев». — «Товары неширокого потребления». — Осторожно: яд! — В стакане воды. — Сколько можно заблуждаться? — Проблемы трудоустройства. — Осмий в «ловушке».

Помните у Гоголя: «Родился Акакий Акакиевич против ночи, если только не изменяет память, на 23 марта... Родильнице предоставили на выбор любое из трех имен, какое она хочет выбрать: Моккия, Сессия или назвать ребенка во имя мученика Хоздазата. «Нет, — подумала покойница, — имена-то все такие». Чтобы угодить ей, развернули календарь в другом месте; вышли опять три имени: Трифилий, Дула и Варахасий. «Вот это наказание, — проговорила старуха, — какие все имена, я право никогда и не слыхивала таких. Пусть бы еще Варадат или Варух, а то Трифилий и Варахасий». Еще перевернули страницу — вышли: Павсикакий и Вахтисий. «Ну, уж я вижу, — сказала старуха, — что, видно, его такая судьба. Уж если так, пусть лучше будет он называться, как и отец его. Отец был Акакий, так пусть и сын будет Акакий». Таким образом и произошел Акакий Акакиевич».

Не знаем, долго ли английский химик Смитсон Теннант придумывал имя одному из двух открытых им в 1804 году химических элементов — осмию, но повезло этому «новорожденному» не больше, чем герою гоголевской «Шинели». Дело в том, что «осмий» в переводе с греческого означает... «запах».



Согласитесь: для благородного металла (а осмий как представитель платиновой группы металлов с полным правом носит этот титул) такое название, мягко выражаясь, не может служить украшением. А если учесть, что ближайшие родственники гордо именуются палладием (тезка богини Афины Паллады), иридием (по-гречески «радуга»), родием («Роза»), рутением (от латинского названия России), то обида становится еще горше.

Почему же Теннант был так немилостив к своему «крестнику»? Прежде чем ответить на этот вопрос, поведаем о событиях, которые предшествовали открытию осмия.

В 1804 году известный английский ученый Уильям Волластон, изрядно поинтриговав перед этим научный мир (подробнее об этом рассказано в очерке о палладии «Шутка английского химика»), сообщил на заседании Королевского общества, что, анализируя сырую (природную) платину, он обнаружил в ней неизвестные ранее металлы, названные им палладием и родием. Оба были найдены в той части платины, которая растворялась в царской водке, но при этом взаимодействии оставался еще и нерастворимый остаток. Он, как магнит, притягивал к себе многих химиков, справедливо полагающих, что и в нем может прятаться какой-нибудь неведомый дотоле элемент.

Близки к успеху были французы Колле-Дескотиль, Фуркруа и Воклен. Они не раз замечали, что при растворении сырой платины в царской водке выделялся черный дым, а при сплавлении нерастворимого остатка с едким кали образовывались соединения, которые «не возражали» против растворения. Фуркруа и Воклен предположили, что искомый элемент частично улетучивается в виде дыма, а та часть его, которой не удается таким способом «эвакуироваться», оказывает агрессору сильное сопротивление, не желая в нем даже растворяться. Ученые поторопились дать новому элементу имя — «птен», что по-гречески означает «крылатый, летучий».

Но это название порхнуло, как бабочка, и кануло в Лету, так как вскоре Теннант сумел разделить «птен»: на самом деле он представлял собой естественный сплав двух разных металлов. Один из них ученый

назвал иридием — за разнообразие окраски солей, а другой — осмием, поскольку его четырехокись, выделяющаяся при растворении в кислоте или воде продукта сплавления осмиридия (так в дальнейшем стали называть бывший «птен») со щелочью, имела неприятный, раздражающий запах, похожий одновременно на запах хлора и подгнившей редьки. Позже выяснилось, что и сам металл способен издавать подобный «аромат», правда, послабее: тонкоизмельченный осмий постепенно окисляется на воздухе, превращаясь в четырехокись. Видимо, не по душе пришелся этот запах Теннанту, и он в сердцах решил увековечить в названии открытого им элемента свое наиболее сильное впечатление от первого свидания с ним.

По одежке встречают, по уму провожают. И если запах да цвет — оловянно-белый с серовато-голубым отливом — можно считать «одеждой» осмия, то его характеристики как химического элемента и как металла по этой пословице следует отнести к «уму».

Так чем же может похвастать наш герой? Прежде всего, как уже было сказано, своим благородным происхождением. Взгляните на периодическую систему элементов: в правой части ее особняком держится семейство платиноидов, состоящее из двух триад. В верхнюю триаду входят легкие платиновые металлы — рутений, родий, палладий (все в мире относительно: любой представитель этой троицы в полтора с лишним раза тяжелее железа). Во второй триаде собрались настоящие богатыри-тяжеловесы — осмий, иридий и платина. Интересно, что долгое время ученые придерживались такого порядка возрастания атомных весов этих элементов: платина — иридий — осмий. Но когда Д. И. Менделеев создавал свою периодическую систему, ему приходилось тщательно проверять, уточнять, а порой и исправлять атомные веса многих элементов. Одному проделать всю эту работу было нелегко, поэтому Менделеев привлекал к работе других химиков. Так, когда ему отрекомендовали Ю. В. Лермонтову, которая была не только родственницей великого поэта, но и высококвалифицированным химиком, ученый попросил ее уточнить атомные веса платины, иридия и осмия, поскольку они вызвали у него большое сомнение. По его мнению, наименьший атомный вес должен был быть у осмия, а наибольший — у платины. Серия точных экспериментов, проведенных Лермонтовой, подтвердила правоту создателя периодического закона. Тем самым было определено нынешнее расположение элементов в этой триаде — все стало на свое место.



Осмий имеет рекордную плотность среди всех обитателей периодической системы — $22,5 \text{ г/см}^3$. Чтобы уравновесить гирьку из этого металла, понадобилось бы более 40 таких же по объему гирек из его антипода—лития. Если обычную бутылку заполнить порошком осмия, то она будет тяжелее ведра с водой.

Но каким бы уникальным ни казалось это качество осмия, пока оно практически не используется в технике. В отличие от тугоплавкости, твердости, прочности и других действительно ценных свойств металлов, большая плотность не приносит лавров ее обладателю. Аналогию можно найти и в жизни: люди всегда ценили силу, быстроту, ловкость, а гигантский вес или рост человека лишь вызывают удивление и сомнительный интерес.

Впрочем, у осмия есть и такие деловые качества, которые не могут не внушить уважения к нему. Не случайно, он самый дорогой из всех благородных металлов, хоть и наименее «благородный» из них (вы уже знаете, что мелкоизмельченный осмий не в силах противостоять кислороду воздуха даже при комнатной температуре, в то время как его «родственники» славятся прежде всего своей необыкновенной

химической стойкостью). Тем не менее, если в 1966 году платина ценилась на мировом рынке в 4,3 раза дороже золота, а иридий в 5,3 раза, то аналогичный коэффициент для осмия был равен 7,5. Во многом виновата в этом природа, которая не только не накопила запасы осмия, но и ухитрилась так запрятать имеющиеся у нее крохи этого элемента ($5 \cdot 10^{-6}$ % массы земной коры), что добыча их влетает в копеечку. Если мировое производство большинства металлов исчисляется тысячами и даже миллионами тонн, то для осмия счет идет на килограммы.

Одно из главных достоинств осмия — его очень высокая твердость; в этом с ним могут конкурировать немногие металлы. Вот почему при создании сплавов с наивысшей износостойкостью в их состав вводят осмий. Авторучки с золотым пером — не редкость. Но ведь золото — довольно мягкий металл, а перу за долгие годы работы приходится по воле хозяина пройти по бумаге долгие километры пути. Конечно, бумага — не напильник и не наждак, однако выдержать такое испытание могут лишь немногие металлы. И все же кончики перьев справляются с этой трудной ролью. Как? Секрет прост: их обычно изготавливают из сплавов осмия с другими платиноидами, чаще всего из уже известного вам осмиридия. Без преувеличения можно сказать, что перу, «бронированному» осмием, сносу нет.

Исключительная твердость, хорошая коррозионная стойкость, высокое сопротивление износу, отсутствие магнитных свойств делают осмиридий прекрасным материалом для острия компасной стрелки, осей и опор точнейших измерительных приборов и часовых механизмов. Из него изготавливают режущие кромки хирургических инструментов, резцов для художественной обработки слоновой кости.

То, что осмий и иридий часто «выступают дуэтом» — в виде природного сплава, объясняется не только ценными свойствами осмиридия, но и волею судьбы, пожелавшей, чтобы в земной коре эти элементы были связаны необыкновенно прочными узлами. В виде самородков ни тот, ни другой металл в природе не

обнаружены, зато осмистый иридий и иридий осмий — хорошо известные минералы (называются они соответственно невьянскит и сысертскит): в первом преобладает иридий, во втором — осмий.

Иногда эти минералы встречаются самостоятельно, но чаще входят в состав самородной платины. Разделение ее на компоненты (так называемый аффинаж) — процесс, включающий множество стадий, на одной из которых осмиридий выпадает в осадок. И вот едва ли не самое сложное и дорогостоящее во всей этой «истории» — разлучить осмий и иридий. Но зачастую в этом и нет необходимости: как вы уже знаете, сплав широко применяют в технике, а стоит он значительно дешевле, чем, например, чистый осмий. Ведь для того, чтобы выделить этот металл из сплава, нужно провести столько химических операций, что одно их перечисление заняло бы много места. Конечный продукт длинной технологической цепи — металлический осмий чистотой 99,9 %.

Наряду с твердостью, известно еще одно достоинство осмия — тугоплавкость. По температуре плавления (около 3000 °С) он превзошел не только своих благородных собратьев — платиноидов, но и подавляющее большинство остальных металлов. Благодаря своей тугоплавкости осмий попал в биографию электрической лампочки: еще в те времена, когда электричество доказывало свое преимущество перед другим источником света — газом, немецкий ученый К. Ауэр фон Вельсбах предложил заменить в лампе накаливания угольный волосок осмиевым. Лампы стали потреблять в три раза меньше энергии и давали приятный, ровный свет. Но на этом ответственном посту осмий долго не продержался: сначала его сменил менее дефицитный тантал, однако вскоре и тот вынужден был уступить место самому тугоплавкому из тугоплавких — вольфраму, который по сей день несет свою огненную вахту.

Нечто подобное произошло с осмием и в другой сфере его применения—в производстве аммиака. Современный способ синтеза этого соединения, предложенный еще в 1908 году известным немецким химиком Фрицем Габером, немыслим без участия катализаторов. Первые катализаторы, которые использовались для этой цели, проявляли свои способности лишь при высоких температурах (выше 700 °С), да к тому же они были не очень эффективны. Попытки найти им замену долго ни к чему не приводили. Новое слово в совершенствовании этого процесса сказали ученые лаборатории Высшей технической школы в Карлсруэ: они предложили применять в качестве катализатора тонкораспыленный осмий. (Кстати, будучи весьма твердым, осмий в то же время очень хрупок, поэтому губку этого металла можно без больших усилий раздробить и превратить в порошок.) Промышленные опыты показали, что игра стоит свеч: температуру процесса удалось снизить более чем на 100 градусов, да и выход готовой продукции заметно возрос.

Несмотря на то что в дальнейшем осмию пришлось и здесь сойти со сцены (сейчас, например, для синтеза аммиака используют недорогие, но эффективные железные катализаторы), можно считать, что именно он сдвинул важную проблему с мертвой точки. Каталитическую деятельность осмий продолжает и в наши дни: применение его в реакциях гидрогенизации органических веществ дает отличные результаты. Этим в первую очередь обусловлен большой спрос на осмий со стороны химиков: на химические нужды расходуется почти половина его мировой добычи.



Элемент № 76 представляет немалый интерес и как объект научных исследований. Природный осмий состоит из семи стабильных изотопов с массовыми числами 184, 186—190 и 192. Любопытно, что чем меньше массовое число изотопа этого элемента, тем менее он распространен: если на долю самого тяжелого изотопа (осмия-192) приходится 41 %, то легчайший из семи «братьев» (осмий-184) располагает лишь 0,018 % общих «запасов». Поскольку изотопы отличаются друг от друга только массой атомов, а по своим физико-химическим «наклонностям» они весьма схожи между собой, то разделить их очень сложно. Именно поэтому даже «крохи» изотопов некоторых элементов стоят баснословно дорого: так, килограмм осмия-187 оценивается на мировом рынке в 14 миллионов долларов. Правда, в последнее время ученые научились «разлучать» изотопы с помощью лазерных лучей, и есть надежда, что вскоре цены на эти «товары неширокого потребления» будут заметно снижены.

Подобно другим платиновым металлам, осмий проявляет несколько валентностей. Наиболее часто встречаются соединения, где осмий четырех- и шестивалентен, однако при взаимодействии с кислородом он обычно «пускает в ход» все восемь своих валентных

связей.

Из соединений осмия наибольшее практическое значение имеет его четырехокись (да-да, та самая, которой элемент так «обязан» своим названием). В роли катализатора она выступает при синтезе некоторых лекарственных препаратов. В медицине и биологии ее используют как окрашивающее средство при микроскопическом исследовании животных и растительных тканей. Следует помнить, что безобидные на вид бледно-желтые кристаллы четырехоксида осмия — сильный яд, раздражающий кожу и слизистые оболочки, вредно действующий на глаза.

Примечательна особенность четырехоксида осмия: ее растворимость в органических жидкостях значительно выше, чем в воде. Так, при обычных условиях в стакане воды растворяется всего 14 граммов этого

вещества, а в стакане четыреххлористого углерода более 700 граммов.

В атмосфере серных паров порошок осмия вспыхивает, как спичка, образуя сульфид. Всеядный фтор при комнатной температуре не причиняет осмию никакого «вреда», но при нагреве до 250—300 °С образуется ряд фторидов. С тех пор как в 1913 году впервые были получены два летучих фторида осмия, считалось, что их формулы OsF_6 и OsF_8 . Но в 1958 году выяснилось, что фторид OsF_8 , почти полвека «проживший» в химической литературе, на самом деле никогда не существовал, а указанные соединения соответствуют формулам OsF_5 и OsF_6 . Сравнительно недавно ученым удалось получить еще один фторид OsF_7 , который при нагреве выше 100 °С распадается на OsF_6 и элементарный фтор.

Оксид осмия используют в качестве черного красителя для живописи по фарфору: соли этого элемента применяют в минералогии как сильные травители. Большинство же осмиевых соединений, в том числе разнообразные комплексы (осмий проявляет присущую всем платиновым металлам способность к образованию комплексных соединений), а также его сплавы (кроме уже известного осмиридия и некоторых сплавов с другими платиноидами, вольфрамом и кобальтом), пока «томится» в ожидании подходящей работы. Можно не сомневаться, что в ближайшее время вопрос их «трудоустройства» будет решен и они заговорят о себе в полный голос. Да и сам осмий еще не сказал последнего слова.



А пока инженеры и ученые ищут экономически выгодные пути расширения производства этого ценного металла, изыскивают новые источники его получения. Важные работы в этом направлении были проведены на Норильском горно-металлургическом комбинате имени А. П. Завенягина. Metallурги знали, что в медно-никелевых рудах, поступающих на комбинат, имеются металлы платиновой группы, включая осмий. Но поскольку количество его в руде было мизерным, на него не обращали внимания, стараясь получить лишь как можно больше меди и никеля.

«Почему бы не попытаться попутно извлекать этот благородный металл», — задумались несколько лет назад ученые опытно-исследовательского центра комбината. Задача, которую они поставили перед собой, была очень сложной: требовалось узнать, как ведет себя осмий на различных стадиях переработки сырья, определить места его наибольших скоплений, выяснить, на каком этапе производственного процесса он теряется, попадая потом в отходы. Для этого нужно было проделать множество сложнейших анализов на каждом участке технологической цепочки.

Но вот эта часть задачи решена. Теперь предстояло создать технологию улавливания осмия из металлургических газов, спроектировать, изготовить и смонтировать промышленную установку, которая должна была стать ловушкой для осмия. И с этими проблемами работники комбината справились успешно: в ассортименте продукции заполярного предприятия появился осмиевый концентрат.

Полученный в Норильске концентрат поступает затем «на материк», где рождается чистый осмий — один из наиболее дефицитных в наши дни металлов.

ВСЕ ЦВЕТА РАДУГИ (ИРИДИЙ)



После взятия Бастилии. — Непростительные грехи. — Испытание временем. — Послужной список. — Сердце бьется чаще. — Знатное происхождение. — Не по карману. — В иридиевой «рубашке». — Радуга солей. — Остатки с Монетного двора. — Опасная «дегустация». — Санкция министра. — В честь России. — Безрадостные вести. — «Я много терпел от нее». — Искренние поздравления. — В порядке очереди. — Что происходит под мостом? — Во чреве доменной печи. — Тринадцатая, но счастливая. — Возбуждаться или не возбуждаться? — Иридий попадает в историю.

14 июля 1789 года восставший народ Франции штурмом взял Бастилию — началась Великая французская революция. Наряду со многими декретами и постановлениями, носившими политический, социальный, экономический характер, революционное правительство приняло решение ввести четкую

метрическую систему мер. По предложению комиссии, в которую вошли авторитетные ученые, в качестве единицы длины — метра — была принята одна десятимиллионная часть четверти длины парижского географического меридиана. В течение пяти лет Ж. Деламбр и П. Мешен — крупнейшие специалисты в области астрономии и геодезии — проводили скрупулезные измерения дуги меридиана от Дюнжерка до Барселоны.

В 1797 году расчеты были завершены, а спустя два года изготовили первый эталон метра — платиновую линейку, получившую название «метр архива», или «архивный метр» (по месту хранения). За единицу массы — килограмм — приняли массу одного кубического дециметра воды (при 4°C), взятой из Сены. Эталоном килограмма стала платиновая цилиндрическая гиря.

С годами, однако, выяснилось, что естественные прототипы этих эталонов — парижский меридиан и вода из Сены — не очень удобны для воспроизведения, да и к тому же не отличаются примерным постоянством. Такие «грехи» ученые-метрологи сочли непросительными. В 1872 году Международная метрическая комиссия решила отказаться от услуг природного прототипа длины: эту почетную роль доверили «архивному метру», по образу и подобию которого изготовили 31 эталон в виде брусков, но уже не из чистой платины, а из сплава ее с иридием (10%). Через 17 лет аналогичная участь постигла и воду из Сены: прототипом килограмма была утверждена гиря, выполненная из того же платиноиридиевого сплава, а международными эталонами стали 40 ее точных копий.

Иридий не случайно оказался союзником платины в эталонном сплаве. Требования к этому материалу очень высоки: он должен обладать необычайно большой прочностью и твердостью, быть тугоплавким и износостойким, не знать страха перед коррозией и совершенно не реагировать на изменения температуры. Сама платина не может сдать на «отлично» все эти экзамены, а вот ее сплав с иридием блестяще выдерживает трудное испытание уже в течение столетия. Правда, за это время «архивный метр» вынужден был уйти в отставку (в 1960 году эталоном метра стала длина, равная $1650763,73$ длины волны оранжевого излучения атома изотопа криптона-86), но самый главный в мире килограмм по-прежнему остается в строю.

Служба мер и весов — отнюдь не единственное занятие платиноиридиевых сплавов. Из них делают жаростойкие тигли, которые безболезненно переносят сильный нагрев в агрессивных средах; в таких тиглях, в частности, выращивают кристаллы для лазерной техники. С почтением относятся к этим сплавам и ювелиры: они охотно изготавливают из них красивые изделия, всегда пользующиеся большим спросом. Детали химической аппаратуры и точнейших приборов, электроконтакты, хирургические инструменты, пружины, лабораторная посуда — вот далеко не полный послужной список сплавов платины с иридием.

Несколько лет назад этим сплавам предложили новую ответственную роль: из них были изготовлены зажимы электродов электрических стимуляторов сердечной деятельности. Электроды вживляются в сердце человека, страдающего стенокардией; в теле больного находится и крохотный приемник, присоединенный к электродам и генератору с кольцевой антенной, закрепляемой на теле рядом с приемником (генератор же может располагаться, например, в кармане костюма). Как только начинается приступ стенокардии, больной включает генератор. Поступающие при этом в кольцевую антенну импульсы передаются в приемник, из него — на электроды, а затем через платиноиридиевые зажимы — на нервы, которые заставляют сердце работать активнее.

Многие ценные свойства присущи и сплавам иридия с другими металлами. Широко известен природный сплав осмия и иридия — осмиридий (подробно о нем рассказано в очерке об осмии «Обида благородного металла»). Незначительные добавки иридия к вольфраму и молибдену позволяют им сохранять прочность при высоких температурах. Титан и хром без посторонней помощи снискали себе репутацию стойких борцов с кислотами, но иридий сумел повысить и без того высокие их антикислотные «личные рекорды».

Быть может, у читателя сложилось впечатление, что иридий успешно выступает лишь как «соучастник» крупных дел. Совсем нет: ему по плечу и отличные «сольные номера». У этого серебристо-белого металла не только приятная внешность, но и прекрасные физические данные. Он обладает значительной твердостью и прочностью, стойко сопротивляется высоким температурам, износу и другим опасным воздействиям. Его характерная черта — очень большая плотность ($22,4 \text{ г/см}^3$). В этом отношении он уступает лишь своему ближайшему соседу — осмию. Вместе с другими членами семейства платины иридий относится к благородным металлам. Столь знатное происхождение обеспечивает

ему независимое положение в обществе любых кислот, которые не в силах подействовать на него ни при обычной, ни при повышенной температурах. Даже встреча с такой коварной и едкой особой, как царская водка, проходит для иридия бесследно, не оставляя никаких печальных воспоминаний. К сожалению, этого не скажешь о расплавленных щелочах и перекиси натрия — им иридий противостоять не в силах.

Несомненное достоинство иридия — его способность практически вечно сохранять свои ценные свойства, как бы ни менялись окружающие условия. Если бы не высокая стоимость (он дороже самой платины!), перед ним были бы распахнуты двери во многие сферы научной и инженерной деятельности



человека. Пока же такая роскошь ученым и конструкторам часто не по карману, и поэтому иридий работает сегодня лишь там, где он практически незаменим. Так, из этого металла изготавливают лабораторные тигли для проведения опытов с грозным фтором и его агрессивными соединениями. Из иридия делают также мундштуки для выдувания тугоплавкого стекла. Для измерения высоких температур (2000—2300°C) сконструирована термопара, электроды которой выполнены из иридия и его сплава с рутением или родием. Пока такой термопарой пользуются лишь в научных целях, а на пути внедрения ее в промышленность стоит все тот же барьер — высокая стоимость.

Весьма перспективны прочные и износостойкие иридиевые покрытия. Сегодня их применяют реже, чем, скажем, платиновые, палладиевые, родиевые. Это объясняется, пожалуй, прежде всего технологическими трудностями, возникающими при нанесении иридия на другие металлы. Иридиевое покрытие можно получить электролитическим путем из расплавленных цианидов калия и натрия при 600°C. Несколько проще другой способ — плакирование. В этом случае на тот или иной металл накладывают тонкий слой иридия, а затем образовавшийся «бутерброд» попадает под горячий пресс, в результате чего покрытие прочно прилипает к основному металлу. Сходным способом изготавливают и иридированную проволоку: на заготовку из вольфрама или молибдена надевают «рубашку» — иридиевую трубку и горячей ковкой с последующим волочением получают биметаллическую проволоку нужной толщины. Такая проволока служит для производства управляющих сеток в электронных лампах.

Разработан и химический способ нанесения иридиевых покрытий на металлы и керамику. При этом на поверхность изделия наносят раствор комплексной соли иридия, например с фенолом или другим органическим соединением, и в контролируемой атмосфере нагревают изделие до 350 — 400°C: органическое вещество улетучивается, а слой иридия остается.

В чистом виде либо в союзе с другими металлами иридий находит применение в химической промышленности: иридиево-никелевые катализаторы помогают получать пропилен из ацетилен и метана; платиновые катализаторы, в состав которых входит иридий, ускоряют реакцию образования окислов азота в процессе получения азотной кислоты.



Очень красивы и разнообразны по цвету соли иридия. Практической пользы эта красота пока не приносит, но зато именно ей элемент обязан своим названием. В 1804 году английский химик Смитсон Теннант, исследуя черный порошок, остающийся после растворения самородной платины в царской водке, открыл в нем два новых элемента. Соли одного из них были окрашены буквально во все цвета радуги. Теннанту не пришлось долго ломать голову в поисках подходящего для него имени: элемент был назван иридием, так как по-гречески «ириэйдес» — радужный.

Судьбы платиновых металлов переплелись настолько тесно, что рассказ об одном из них немислим без упоминания о других. В 1840 году профессор Казанского университета К. К. Клаус заинтересовался проблемами переработки уральской платиновой руды. По его просьбе петербургский Монетный двор прислал ему пробы платиновых остатков — нерастворимого осадка, образующегося после обработки сырой платины царской водкой. «При самом начале работы, — писал позднее ученый, — я был удивлен богатством моего остатка, ибо извлек из него, кроме 10% платины, немалое количество иридия, родия, осмия, несколько палладия и смесь различных металлов особенного содержания...»

Если в первое время Клаус ставил перед собой лишь чисто практическую цель — найти способ переработки остатков платиновой руды в платину, то уже вскоре эти исследования приобрели более глубокий научный характер и полностью захватили ученого. «Два полных года, — вспоминал Клаус, — я кряхтел над этим с раннего утра до поздней ночи, жил только в лаборатории, там обедал и пил чай, и при этом стал ужасным эмпириком». Последнее утверждение имело вполне конкретный смысл: по словам А. М. Бутлерова — ученика Клауса, тот «имел привычку... при растворении платиновых руд в царской водке мешать жидкость прямо всеми пятью пальцами и определял крепость непрореагировавших кислот на вкус». Впрочем, это было свойственно не только Клаусу, но и другим химикам старой школы, которые, получив какое-либо вещество,

всегда «дегустировали» его (до середины XIX века при описании свойств вещества необходимо было указать и его вкус), подвергая себя большой опасности: так, знаменитый шведский ученый Карл Шееле погиб, попробовав на вкус полученную им безводную синильную кислоту.

Труды Клауса увенчались успехом: способ переработки платиновых остатков был найден, и теперь ученому предстояло ехать в Петербург, чтобы сообщить об этом министру финансов Е. Ф. Канкрину, заинтересованному в удачном решении проблемы. Для поездки в столицу Клаус вынужден был занять 90 рублей у одного из своих друзей (вернуть долг ученый смог лишь спустя несколько лет, когда приобрел всемирную известность). По приезде в Петербург Клаус был уже через два дня принят министром и добился от него санкции на получение необходимых для продолжения исследований материалов. Ему были выданы 1/2 фунта платиновых остатков и 1/4 фунта сырой платины.

Вернувшись в Казань, ученый вновь с головой окунулся в работу, которая продолжалась много лет и дала блестящие результаты. Важнейшим из них стало открытие в 1844 году неизвестного ранее химического элемента — последнего «русского члена платинового семейства». «Уже при первой работе, — писал Клаус, — я заметил присутствие нового тела, но сначала не нашел способа отделения его от примесей. Более целого года трудился я над этим предметом, но наконец открыл легкий и верный способ добывания его в чистом состоянии. Этот новый металл, который назван мною рутением в честь нашего отечества (от латинского названия России — С. В.), принадлежит без сомнения к телам весьма любопытным».



Но открытие Клауса не сразу получило признание. Первые пробы соединений нового элемента ученый послал в Стокгольм Й.Я. Берцелиусу, пользовавшемуся огромным авторитетом у всех химиков. Каково же было разочарование Клауса, когда он узнал, что, по мнению этого маститого ученого, присланное ему вещество не содержит новый элемент, а представляет собой плохо очищенное соединение иридия. Убеденный в своей правоте Клаус снова и снова проводил опыты, забывая порой об элементарных мерах защиты. Правда, спустя несколько лет ученый предупреждал своих коллег: «При работе с осмиевым иридием надобно остерегаться от паров осмиевой кислоты. Это весьма летучее вещество принадлежит к самым вредным телам и действует преимущественно на легкие и на глаза, производя сильные воспаления. Я много терпел от нее». Слишком велико было желание Клауса убедить научный мир в том, что действительно открыт новый элемент, и он, наконец, сумел это сделать. Препараты соединений рутения опять были посланы Берцелиусу, и тот, проведя тщательные исследования, понял, что прежде ошибался в своих выводах. «Примите мои искренние поздравления с превосходными открытиями и изящной их обработкой, — писал он Клаусу, — благодаря им Ваше имя будет

неизгладимо начертано в истории химии».

Итогом напряженной работы Клауса стал опубликованный в 1845 году труд «Химическое исследование остатков уральской платиновой руды и металла рутения», в котором впервые были всесторонне описаны и свойства иридия, причем сам Клаус отмечал, что иридием он занимался больше, чем другими металлами платиновой группы. Рекомендации ученого стали научной базой для создания технологии получения иридия и других платиноидов. В наше время чистый иридий выделяют из самородного осмиридия и из остатков платиновых руд, но прежде из них, действуя различными реагентами, извлекают платину, осмий, палладий и рутений и лишь после этого наступает очередь иридия. Полученный при этом порошок либо прессуют в полуфабрикаты и сплавляют, либо переплавляют в электрических печах в атмосфере аргона. При обычной температуре иридий хрупок и не поддается никакой обработке, но в горячем состоянии он более «сговорчив» и позволяет себя ковать.

Природа бедна иридием: земные запасы его не превышают миллионных долей процента. Во всех странах мира за год производится не более тонны этого металла. Но интерес ученых к нему не ослабевает. Все новые и новые области применения находят, в частности, радиоактивные изотопы иридия. Так, недавно специалисты центра атомных исследований в Кадараше (Франция) разработали гамматрон — чуткий прибор, позволяющий бдительно следить за состоянием мостов, плотин и других сооружений из железобетона: под действием гамма-лучей радиоактивного иридия-192 на стеклянной пластинке, покрытой светочувствительным слоем, появляется четкое изображение «внутренностей» контролируемых узлов и деталей. С помощью подобных дефектоскопов проверяют качество металлических изделий и сварных швов: на фотопленке фиксируются все пустоты, непроваренные места и инородные включения. В доменном производстве малогабаритные контейнеры с тем же изотопом иридия служат для контроля уровня материалов в печи. Поскольку часть испускаемых гамма-лучей поглощается шихтой, по степени ослабления потока можно достаточно точно определить, какое расстояние лучам пришлось «пробираться» сквозь шихту, т. е. выявить ее уровень.

Кстати, об изотопах. Помимо уже известного вам иридия-192, имеется еще 14 радиоактивных изотопов этого элемента с массовыми числами от 182 до 198. У самого тяжелого изотопа — самая короткая жизнь: его период полураспада меньше минуты. Любопытно, что период полураспада иридия-183 — ровно час.



Стабильных же изотопов у элемента всего два — иридий-191 и иридий-193. На долю более «весомого» из них в природной смеси приходится примерно 62 % атомов.

С изотопом иридия связано открытие так называемого эффекта Мёссбауэра, на котором основаны поразительно точные методы измерения малых величин и слабых явлений, широко применяемые в физике, химии, биологии, геологии. Этот эффект (или, выражаясь строго научно, резонансное ядерное поглощение гамма-квантов в твердых телах без отдачи) был обнаружен молодым физиком из ФРГ Рудольфом Мёссбауэром в 1958 году. За несколько лет до этого, когда учеба в Высшем техническом училище в Мюнхене подходила к концу, он стал подыскивать тему для дипломной работы. Один из профессоров любезно предложил студенту длинный перечень тем. Как вспоминает сам Мёссбауэр, ни одна из них не пришлась ему по вкусу, кроме последней (кстати, тринадцатой по счету), главное достоинство которой, по мнению будущего физика, заключалось в том, что он не имел о ней ни малейшего представления. Речь шла о резонансном поглощении гамма-квантов атомными ядрами. «Самым главным, — вспоминает физик, — было то, что меня ткнули носом в это дело».

И «это дело» пошло на лад. Сначала был защищен диплом, спустя два года пришел черед диссертации, а еще через год состоялось открытие. Работая в Гейдельберге, в Институте медицинских исследований имени Макса Планка, ученый продолжал заниматься резонансным поглощением. Специальным счетчиком он определял число гамма-квантов, прошедших через металлический иридий, точнее, через один из его изотопов; источниками этих гамма-квантов были возбужденные атомные ядра того же самого изотопа. Ядра, пребывающие в обычном состоянии, могут также «возбудиться», но для этого они должны, поглотив гамма-квант, получить такое количество энергии, которое в точности соответствует разности между энергиями ядра в возбужденном и основном состояниях (это поглощение и называется резонансным). Обычно же энергия гамма-квантов оказывается чуть меньше, чем нужно, так как часть ее теряется при испускании на отдачу испускающего ядра (нечто подобное происходит, например, при выстреле из пушки или ружья).

Чтобы устранить некоторые побочные процессы, способные исказить результаты опытов, Мёссбауэр решил охладить иридий до температуры жидкого азота. При этом он полагал, что из-за уменьшения скорости движения ядер резонансное поглощение уменьшится, а число прошедших через иридий гамма-квантов соответственно возрастет (того же мнения придерживались и другие физики). К удивлению экспериментатора все оказалось наоборот. В чем же причина?

Ученый делает вывод: в твердых телах при достаточно низкой температуре отдачу воспринимает не отдельное ядро, а все вещество в целом, и поэтому потери энергии на отдачу исчезающе малы, т. е. энергия гамма-кванта точно равна разности энергии ядра в возбужденном и основном состояниях. Это открытие было признано одним из наиболее важных научных событий нашего времени (в 1961 году Мёссбауэр удостоен Нобелевской премии).

Сегодня эффект Мёссбауэра обнаружен уже на нескольких десятках элементов, но история науки навсегда связала открытие этого важнейшего физического явления с героем нашего рассказа — иридием.

«МОЛОДАЯ ЗЕЛЕНАЯ ВЕТВЬ» (ТАЛЛИЙ)



Кто ищет, тот всегда найдет. — "Эврика!" — находка в пыли. — Когда распускаются ветви. — Плата за опоздание. — Химия и духи. — Именем Авиценны. — Лавры утконоса. — Гроза грызунов. — Темной ночью. — Драгоценные камни? — Вспышки в кристаллах. — Хорошая репутация. — Одно «но». — Диагноз ставит Агата Кристи. — Водой не разольешь. — Непременное условие. — Огни большого города. — Выбор «компаньонов». — Ценная легга. — Был лютой мороз. — Статус-кво. — Как рукой. — Легче не будет? — В медузах и свекле. — Слово за таллием.

"Кто ищет, тот всегда найдет" — поется в популярной песне. Так это или нет, но на протяжении тысячелетий люди пребывают в постоянном поиске. Одни ищут клады, другие — приключения, третьи — пути

в незнаемое. И кое-кто действительно что-то находит. Вспомним хотя бы великого Архимеда. Гениальное решение задачи о соотношении золота и серебра в короне царя Гиерона пришло к ученому в тот момент, когда он ложился в ванну. Забыв обо всем на свете, раздетый Архимед выбежал на улицу с криком «эврика!» (по-гречески «нашел!»), хотя со стороны могло показаться, что он, напротив, все потерял.

Бывали и такие случаи, когда вместо драгоценных металлов искатель клада «находил» несколько граммов свинца, а вместе с ними — и вечный покой. А вот Колумбу хоть и не удалось отыскать кратчайший морской путь из Европы в Индию, но зато посчастливилось обнаружить неизвестные земли американского континента. Нечто подобное произошло в 1861 году с английским ученым Уильямом Круксом. В 50-х годах прошлого века Крукс, тогда еще молодой химик, занимался исследованием пылевидных отходов сернокислотного производства, полагая, что в них должен присутствовать теллур. Однако многочисленные химические операции так и не принесли желаемого результата, и ученый потерял интерес к этой работе. Отходы долгое время лежали без дела в его лаборатории, пока открытие спектрального анализа не побудило Крукса вспомнить о них. Новый метод не требовал таких больших затрат труда, как химический, и не воспользоваться им было просто грех.



Каково же было изумление ученого, когда вместо ожидаемой линии теллура он увидел в спектре красивую ярко-зеленую полосу, которая не могла принадлежать ни одному известному элементу. Крукс понял, что ему удалось раскрыть еще одну тайну природы. А поскольку дело происходило весной и на деревьях уже появились свежие побеги, новый элемент был тут же «окрещен» таллием: в переводе с греческого «таллос» означает «молодая зеленая ветвь». Любопытно, что почти так же звучит и другое греческое слово, которое переводится как «высочка». И хоть это совпадение случайно, оно не лишено смысла: ведь таллий и в самом деле можно считать «высочкой»: его не искали, он сам взял да и заявил о своем существовании.

Почти одновременно с Круксом, спустя лишь несколько месяцев, этот же элемент был обнаружен и французским химиком Лами; он нашел его тоже в отходах сернокислотного производства и тоже спектральным анализом. И хотя Лами даже удалось выделить 14 граммов металлического таллия и определить некоторые его свойства, приоритет открытия остался за английским ученым. Впоследствии Крукс внес немалый вклад в развитие химии и физики (парадоксально, что при этом он был убежденным сторонником спиритизма и много времени уделял вызыванию духов), а на склоне лет возглавил Лондонское королевское общество, но своим первым научным успехом он обязан открытому им в 1861 году металлу.

То, что таллий был впервые обнаружен с помощью спектроскопа, вполне закономерно: в большинстве минералов этот рассеянный элемент присутствует в столь малых количествах, что случайно напасть на его след химическим путем практически невозможно, благодаря же необыкновенно высокой чувствительности спектрального метода это произошло нежданно-негаданно. Общее содержание таллия в земной коре не так уж мало—0,0003% (природные запасы, например, золота или платины намного меньше). А вот собственные минералы элемента можно пересчитать по пальцам: лорандит, гутчинсонит, урбаит, крукезит, авиценнит; последний, представляющий собой почти чистую окись таллия, был найден в 1956 году на территории Узбекской ССР и назван в честь великого врача и философа древности Авиценны (правильнее Абу Али Ибн Сины). В природе эти минералы встречаются столь редко, что о промышленном использовании их в качестве таллиевых сырьев не может быть и речи. А получают этот металл как попутный продукт при производстве свинца, цинка и ряда других элементов.



Более полувека после открытия таллий представлял интерес лишь как объект научных исследований. Ученые, изучавшие свойства этого металла, нашли в его поведении немало странностей. По внешним данным,

плотности, твердости, температуре плавления и другим физическим свойствам он весьма сходен со свинцом — своим соседом справа по периодической системе (их «владения» располагаются под номерами 81 и 82). Что же касается химических наклонностей, то в этом отношении таллий кое в чем подобен щелочным металлам — натрию и калию, а кое в чем — серебру.

Как представитель третьей группы таллий должен проявлять в основном валентность, равную трем, а он предпочитает выступать в роли одновалентного металла, что характерно для щелочных элементов. Впрочем, в некоторые комплексные соединения одновременно входят и одновалентный и трехвалентный таллий: первый — в роли катиона, второй — как компонент комплексного аниона. Не случайно известный французский химик прошлого столетия Ж. Б. А. Дюма так отзывался об элементе № 81: «Не будет преувеличением, если с точки зрения принятой классификации металлов мы скажем, что таллий объединяет в себе противоположные свойства, которые позволяют называть его парадоксальным металлом». А чтобы наглядно проиллюстрировать свою мысль, Дюма даже заявил, что таллий занимает такое же место среди металлов, какое утконос — среди животных. Этот странный зверек — млекопитающее, однако подобно земноводным и птицам откладывает яйца; да и внешний вид его своеобразен: он покрыт шерстью, но имеет утиный клюв и перепонки на лапах.

По мере того как накапливались сведения о свойствах таллия и его соединений, начали намечаться и пути его практического применения. Первая запись в «трудовую книжку» этого элемента была сделана в 1920 году, когда в Германии запатентовали яд против грызунов и некоторых насекомых, содержащий сульфат таллия.



Лиха беда начало. В том же году было замечено, что оксисульфид таллия — так называемый таллофид — под действием света меняет свою электропроводность, особенно чутко реагируя на инфракрасные лучи. Вскоре уже были созданы таллофидные фотоэлементы, для которых быстро нашлись подходящие «места службы»: в устройствах для сигнализации в темноте или густом тумане, в инфракрасных прожекторах, указывающих летчику место посадки на затемненном аэродроме, в системах для отыскания в ночных условиях объектов, излучающих тепло, в приборах для измерения радиации звезд, в фотоэкспонетрах, применяемых при съемках в инфракрасных лучах. На необычайно высокой способности пропускать эти лучи основано использование в технике и других соединений таллия—бромида и иодида. Из монокристаллов этих солей изготавливают линзы, окна, призмы, кюветы для оптических приборов, работающих в инфракрасной области спектра (приборы военного назначения, спектрометры, микроскопы). Соли таллия входят в состав специальных стекол — желтых, зеленых, оранжевых — с очень большим коэффициентом преломления (они могут имитировать драгоценные камни), а также черных непрозрачных стекол.

В современной технике широко применяются сцинтилляционные счетчики — приборы для обнаружения и измерения радиоактивных излучений. «Сердцем» такого прибора служат люминесцентные кристаллы, или кристаллофосфоры. Когда на кристалл попадают бета-частицы или гамма-кванты, в этом месте возникает световая вспышка. С помощью фотоэлемента свет преобразуется в электрический ток. Чем интенсивнее радиоактивные лучи, тем ярче вспышка и тем больше сила возникшего тока. В роли кристаллофосфоров успешно выступают галогениды щелочных металлов. Но чтобы повысить «к.п.д.» этих соединений, к ним обязательно добавляют так называемые активаторы, которые и создают в кристаллах центры свечения. В кристаллофосфоры, предназначенные для несения сцинтилляционной «службы», в качестве активатора входит таллий.

В химической промышленности таллий, его окислы и сульфиды пользуются хорошей репутацией как эффективные катализаторы различных органических реакций (восстановления нитробензола водородом, окисления газообразного анилина). Некоторые соединения этого элемента оказывают заметное антидетонирующее действие на топливо для двигателей.

Ели бы не одно «но», таллий и его соли, видимо, нашли бы широкое применение в медицине, где они не без успеха выполняли определенные функции. Этим «но» оказалась очень высокая токсичность как самого металла, так и многих его соединений. Поскольку в ряде случаев необходимая терапевтическая доза оказывается близкой к опасной, поле деятельности этого элемента ограничено: ему приходится довольствоваться удалением волос при стригущем лишае (соли таллия приводят к временному облысению) да кое-какими другими мелкими «поручениями».

Несколько лет назад в лондонском аэропорту приземлился самолет, который доставил в английскую столицу тяжело больную полуторагодовалую девочку из Катара — небольшого арабского государства в районе Персидского залива. С каждым днем у ребенка росло кровяное давление, все труднее становилось дыхание. Поскольку врачи в Катаре не смогли поставить диагноз заболевания, полет в Лондон стал последней надеждой для несчастных родителей.

Но когда девочку привезли в одну из лондонских больниц, оказалось, что даже высококвалифицированные столичные врачи не знакомы с симптомами этого странного заболевания. Несколько часов длился консилиум лучших специалистов, однако прийти к какому-либо заключению не удалось. А тем временем состояние девочки становилось угрожающим, сознание почти не возвращалось к ней.

И вот, когда казалось, что ничто не может спасти жизнь ребенка, в спор врачей у постели больной вмешалась медицинская сестра, ухаживавшая за ней. Девушка уверенно заявила, что организм ребенка отравлен таллием. На чем же был основан такой смелый диагноз? Медсестра пояснила, что совсем недавно она прочитала детектив Агаты Кристи «Соловая лошадь», где описывается отравление таллием: симптомы болезни маленькой пациентки больницы удивительно совпадали с тем, что происходит на страницах книги. Врачи решили проверить эту версию, однако в клинике не оказалось нужных приборов и реактивов. На помощь медикам пришел... Скотланд-Ярд, который по счастливому совпадению незадолго до этого расследовал убийство с применением таллия. В лаборатории криминалистики нашлись требуемые химикалии и аппаратура. Диагноз подтвердился: выяснилось, что родители девочки применяли дома для борьбы с крысами и тараканами химические средства, содержащие соли таллия. Врачи назначили соответствующее лечение, и вскоре ребенок был вне опасности.

Как видите, включение таллия в «рацион» приводит к нежелательным последствиям. Использование же этого металла и его соединений по назначению приносит немалую пользу.

В природе многие минералы так хорошо уживаются друг с другом, что их, как говорится, водой не разольешь. Водой действительно их разделить трудновато, а вот органические соединения таллия позволяют это сделать без особых хлопот. Раствор муравьинокислого и малоновокислого таллия (жидкость Клеричи) характеризуется большой плотностью — более 4 г/см^3 . Если этой тяжелой жидкостью обработать смесь минералов, одни из них — легкие — всплывут на поверхность, другие — осядут на дно. Таким способом не только разделяют минералы, но и определяют их плотность.

Казалось бы, совсем недавно вошли в нашу жизнь полупроводники, а сегодня уже невозможно представить себе современную технику без этих замечательных материалов, которые способны поистине творить чудеса. Миниатюрные приборы — простые, надежные, удобные в обслуживании — решают самые разнообразные сложнейшие задачи. Известно много веществ с полупроводниковыми свойствами. Особое место среди них занимают так называемые стеклообразные полупроводники, в состав которых, наряду с мышьяком, сурьмой, серой, селеном и теллуrom (в разных сочетаниях), непременно входит таллий.

Когда в вечернем сумраке больших городов вспыхивают огни световых реклам, вместе с другими элементами включается в работу и «восемьдесят первый»: стеклянные трубки, заполненные аргоном и парами таллия, излучают приятный зеленый свет. Таллиевые газоразрядные лампы применяют для градуировки спектральных приборов, контроля фотопленок и негативов, оценки рентгеновских снимков. Пары таллия придают зеленую окраску и некоторым видам сигнальных ракет.

В промышленности, сельском хозяйстве, бытовой технике трудится в наши дни громадное число металлических сплавов — более 10 тысяч. Пожалуй, невозможно назвать такой металл, который не участвовал бы в создании тех или иных сплавов. Не остался в стороне от этого важного дела и таллий. Легко сплавляясь со многими металлами, он входит в состав различных композиций, обладающих ценными свойствами. Так, в союзе со свинцом, оловом и сурьмой таллий образует отличный кислотоупорный материал, который запатентован для облицовки подземных трубопроводов. Создана большая группа подшипниковых сплавов, содержащих этот элемент. В зависимости от назначения подшипников таллий выбирает себе подходящих компаньонов: чаще всего в этой роли выступают свинец, медь, олово, а иногда даже такие благородные «персоны», как золото и серебро. При этом таллий вносит очень ценную лепту в комплекс свойств, необходимых подшипниковым материалам: благодаря сравнительно низкой температуре плавления он в процессе работы механизмов образует как бы естественную смазку, во много раз повышающую износостойкость подшипников, а значит, и срок их службы.



Существует несколько десятков легкоплавких сплавов, содержащих таллий. Но самым уникальным среди них безусловно нужно признать сплав таллия со ртутью: он становится твердым только при -60°C . В условиях Арктики или Антарктиды, на полюсе холода или в стратосфере специальные низкотемпературные термометры, заполненные этим жидким сплавом (точнее, амальгамой), могут надежно служить при лютых морозах, перед которыми вынуждены пасовать обычные ртутные термометры.

Нашлась работа в промышленности и для радиоактивного изотопа элемента № 81. Таллий-204 используется в качестве источника бета-излучения во многих приборах для контроля и исследования производственных процессов. С помощью таких приборов автоматически измеряется, например, толщина движущейся ткани или бумаги: как только бета-лучи, проходящие через слой материала, начинают ослабевать или усиливаться (а это значит, что толщина материала соответственно увеличилась или уменьшилась), автоматическое устройство дает нужную команду и восстанавливает «статус-кво», т. е. оптимальный технологический режим. Другие приборы с радиоактивным таллием как рукой снимают вредный статический заряд, возникающий в производственных помещениях текстильной, бумажной и киноплочной промышленности.

До последнего времени науке были известны два стабильных и 18 радиоактивных изотопов таллия, причем самым легким из них считался изотоп с массовым числом 191. В 1972 году в лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований в Дубне был получен еще более легкий изотоп этого элемента—таллий-189.

Таллий входит в состав многих представителей флоры и фауны нашей планеты. Из животных больше всего таллия содержат медузы, актинии, морские звезды и другие обитатели подводного царства. А вот на суше этот элемент чаще встречается в растениях, причем некоторые из них аккумулируют его в процессе своей жизнедеятельности. Так, таллий был найден в свекле, произрастающей на почве, в которой с помощью самых чувствительных методов не удалось его обнаружить. Дальнейшие исследования показали, что свекла «умеет» собирать и накапливать таллий даже при минимальной концентрации его в почве.

...Свыше ста лет назад уже упоминавшийся Ж. Б. А. Дюма высказал мнение, что «таллию суждено сделать эпоху в истории химии». Вероятно, ученый переоценил возможности элемента, изучению которого он посвятил многие годы. Но бесспорно и другое: лучшие свои роли таллий еще не сыграл.

«КОМАНДИРОВКА» В КОСМОС (ВИСМУТ)



Эксперимент «Сфера». - Стоит ли огород городить? — Средневековая путаница. — Демогоргон или глаура? — Версии, версии, версии... — Бледные лица красавиц. — Благородное поприще. — Пожарникам снятся сны. — «Чаепитие» на уроке. — Лекарство от «чумы». — Эффект становится эффективным. — От фарфора до помады. — Полимер с начинкой. — Любимая роль. — Закон не писан. — Между полюсами. — Голубым огнем. — Нарушители порядка. — Без лишней торопливости. — «Стекланный» металл. — Двухмесячный «обстрел». — Скромное место. — Находки в Забайкалье.

В один из летних дней 1976 года, когда вокруг Земли вращалась орбитальная научная станция «Салют-5», члены ее экипажа космонавты Б. Воынов и В. Жолобов сообщили в Центр управления полетом, что согласно программе они провели очередной технологический эксперимент под названием «Сфера».

Кем только не приходится быть космонавтам во время полета! Они и геологи, и биологи, и медики, и физики, и химики — да разве перечислишь все их небесные профессии. На этот раз — для проведения эксперимента «Сфера» — космонавты превратились в металлургов, а их металлургическим «цехом» стал компактный прибор, с помощью которого предстояло исследовать процесс затвердевания жидкого металла в условиях невесомости. Точнее, воспользовавшись отсутствием земных сил тяжести, космонавты должны были получить на этом приборе идеальные по форме металлические шарики.

Что же представляет собой прибор и какому металлу суждено было одним из первых войти в летопись космической металлургии? Прибор состоит из специального «магазина» с металлическими заготовками, электронагревателя и прозрачного лавсанового мешочка. Металлом же, на который пал выбор ученых, планировавших этот эксперимент, оказался известный уже более ста лет так называемый сплав Вуда, состоящий из висмута, свинца, олова и кадмия (в соотношении примерно 4:2:1:1). Основная рабочая характеристика сплава — низкая температура плавления (около 70 °С). Именно за эти заслуги сплаву Вуда и была выдана «путевка» в космические дали: чем легче плавится металл, тем конструктивно проще и, следовательно, компактнее может быть прибор, а это обстоятельство в космонавтике имеет первостепенное значение.

Итак, в точно отведенное для эксперимента время космонавты включили прибор и крохотная заготовка, похожая на кусочек карандашного грифеля, поступила из «магазина» в трубку нагревателя. Здесь заготовка быстро превратилась в каплю и специальное устройство вытолкнуло ее в лавсановый мешочек. Если бы дело происходило на Земле, капелька тотчас же упала бы на дно, и на этом опыт закончился бы, так и не состоявшись. В космосе же шарик из расплавленного металла, расставшись с нагревателем, начинает парить в невесомости. Скорость выталкивания капли и размеры мешочка выбраны с таким расчетом, чтобы к моменту соприкосновения с его стенками металл уже успел затвердеть. Капля, еще капля, еще — и вот уже получено много крохотных матовых бусинок.

«Шарики вроде ничего, симпатичные, — комментировал по ходу дела бортинженер В. Жолобов. — Приятно смотреть, как расплавленные капельки парят в невесомости, застывают, ни с чем не соприкасаясь».

Но вот эксперимент «Сфера» закончен. Какую же практическую пользу он принесет? Стоит ли в космосе «огород городить» только ради того, чтобы собрать урожай металлических горошинок, пусть даже

идеальной сферической формы? Да и будет ли их форма идеальной?

Лавсановый мешок космонавты доставили на землю, и ученые многих лабораторий подвергли его содержимое всестороннему исследованию. Оказалось, что, застывая, металлические капли приобретали эллипсоидный вид и превращались в крохотные «груши», «луковицы», но отнюдь не в желанные шарики. К тому же сплав Вуда по каким-то причинам терял в невесомости свою однородность. И хотя, как говорится, первый блин—комом, подобные эксперименты, видимо, будут продолжены. Если они окажутся успешными, перед технологами откроются заманчивые перспективы: ведь в земных условиях, чтобы из металлической заготовки получить шарик для подшипников, требуется выполнить одиннадцать различных операций, потеряв при этом немало металла в отходы. Да к тому же и структура поверхностного слоя шариков порой оставляет желать лучшего. Вот почему можно предположить, что расходы на путешествие сплава Вуда в космос с лихвой окупятся, когда на околоземной орбите начнет действовать первый космический подшипниковый завод. И это время уже не за горами...

А пока спустимся с небес на Землю и познакомимся с главным компонентом сплава Вуда висмутом — серебристо-белым металлом с легким розоватым оттенком. Первые упоминания о нем в химической литературе относятся к XV веку. Правда, тогда многие химики путали висмут со свинцом, оловом и сурьмой. Так, в одном из алхимических словарей висмут описывается как «всякий легчайший, бледнейший и дешевлеший свинец». Зато известный металлург и минералог средневековья Георг Агрикола в своей книге «О месторождениях и рудниках в старое и новое время», написанной в 1546 году, возвел висмут в ранг одного из основных металлов, присовокупив его к известной с древности «великолепной семерке» — золоту, серебру, меди, железу, свинцу, олову и ртути. Однако окончательно «права гражданства» висмут обрел лишь в XVIII веке. Этому металлу, пожалуй, как ни одному другому химическому элементу, повезло с названиями: по подсчетам некоторых ученых, в литературе XV—XVIII веков можно встретить более 20 «псевдонимов» висмута и среди них такие выразительные, как демогоргон, глаура, нимфа.



О происхождении слова «висмут» существует множество версий. Одни ученые считают, что в основе его лежат немецкие корни «wis» и «mat» (искаженно *weisse masse* и *weisse materia*) — белый металл (точнее, белая масса, белая материя). По мнению других, название произошло от немецких слов «wiese» (луг) и «müten» (разрабатывать рудник), поскольку этот металл еще в древние времена добывали в лугах Саксонии, близ Мейсена.

Третьи утверждают, что висмутовыми рудами был богат округ Визен в Германии — ему, мол, и обязан металл названием. С точки зрения четвертых, слово «висмут» — не что иное, как арабское «би исмид», т. е. похожий на сурьму. Трудно сказать, какая из версий наиболее правильна. Даже Большая Советская Энциклопедия не берется разрешить этот спор и лишь лаконично замечает: «Происхождение назв. «В» не установлено». Символ Bi впервые ввел в химическую номенклатуру выдающийся шведский химик И.-Я. Берцелиус.

Еще в старину соединения висмута широко применялись как краски, грим, косметические средства. Так, на Руси, например, представительницы слабого пола охотно пользовались различными белилами, в том числе и висмутовыми, которые иногда назывались также испанскими. Один англичанин, посетивший русское государство в середине XVI века, отмечал, что женщины «так намазывают свои лица, что почти на расстоянии выстрела можно видеть наклепанные на лица краски; всего лучше их сравнить с женами мельников, потому что они выглядят так, как будто около их лиц выколачивали мешки муки».



Другая древняя «профессия» висмута, точнее его соединений, — медицина. На этом благородном поприще он продолжает трудиться и в наши дни: многие лекарства, присыпки и мази, применяемые как антисептические и заживляющие средства при

лечении кожных и желудочно-кишечных заболеваний, ожогов, ран, содержат в том или ином виде висмут. Не случайно фармацевтическая промышленность—один из основных потребителей этого металла.

В технике же висмут издавна известен своими легкоплавкими сплавами. Вот что написано в одной из книг, изданных более ста лет назад: «В сплавах висмут употребляется единственно потому, что он придает им легкоплавкость. Оттого этим металлом пользуются оловянщики и органщики, когда им надобно иметь особенно легкоплавкий препарат. Словолитчики также прибавляют немного висмута для облегчения расплавления металла, чем, конечно, не улучшают своего товара, потому что висмут делает все сплавы ломкими».

Сегодня «словолитчики», правда, уже не применяют висмут в качестве компонента типографского сплава, но в других областях различные сплавы висмута (и среди них уже знакомый вам сплав Вуда) находят немало работы. Пожарники, например, могут спать спокойно, если огнеопасные объекты оборудованы автоматическими огнетушителями с плавкими предохранителями из сплава висмута с другими металлами. Стоит температуре в помещении превысить определенный уровень, проволока из этого сплава расплавляется, срабатывает реле и резкий звонок предупреждает о грозящей опасности. Есть и такие устройства, которые не только сигнализируют о пожаре, но и сами, не дожидаясь помощи со стороны, обрушивают на пламя потоки воды, а прибывшим пожарникам остается лишь констатировать, что огонь ликвидирован, и снова привести устройство в состояние «боевой готовности».



Сплав висмута со свинцом и ртутью плавится уже при трении и потому используется для изготовления металлических карандашей. Легкоплавкие сплавы на висмутовой основе позволяют надежно спаять стекло с металлом. Из сплава Вуда можно отлить чайную ложечку, которая... расплавится при первом же перемешивании ею горячего чая. Разумеется, в посудо-хозяйственном магазине такую ложку не встретишь, зато на уроке физики «чаепитие» с ее помощью дает возможность наглядно продемонстрировать легкоплавкость сплава Вуда.

Этот сплав обладает и высокими литейными свойствами, благодаря чему легко заполняет мельчайшие детали формы. Из него делают модели для отливки сложных деталей, он применяется для заливки металлографических шлифов, «принимает участие» в зубопротезировании.



Для некоторых сплавов висмута характерны уникальные магнитные свойства. Так, из его сплава с марганцем изготавливают сильные постоянные магниты. Сплав висмута с сурьмой, обнаруживающий в магнитном поле аномальный эффект магнитосопротивления, используется для производства быстродействующих усилителей и выключателей. Добавка висмута (всего 0,01%) к сплавам на основе алюминия и железа улучшает пластические свойства материала, упрощает его обработку. Такую же услугу оказывает висмут и нержавеющей стали. А олову он помогает излечиться от хронического заболевания, называемого «оловянной чумой»: при низких температурах этот металл рассыпается в порошок. Причина этого — переход одной разновидности олова в другую, с более свободным расположением атомов в кристаллической решетке (так называемое белое олово превращается в серое). Атомы же висмута, добавленные к олову, как бы цементируют его решетку, не давая ей разрушиться при перестройке, вызванной таким превращением.

Весьма перспективны соединения висмута с теллуром в качестве материала для термоэлектрогенераторов. Благоприятное сочетание теплопроводности, электропроводности и термоэлектродвижущей силы обуславливает высокий коэффициент полезного действия преобразования тепловой энергии в электрическую. Кстати, первая батарея термоэлементов, созданная примерно полтора столетия назад, была выполнена из спаянных проволок сурьмы и висмута.

В космонавтике, медицине и многих других областях используется сегодня термоэлектрическое охлаждение. Еще в 1834 году французский физик Жан Пельтье заметил, что если через электрическую цепь, состоящую из проводников разного типа, скажем железа и висмута, пропустить постоянный ток, то в месте их соединения поглощается некоторое количество теплоты. Это явление, названное эффектом Пельтье, долгое время не находило практического применения, так как возникающее в месте соединения металлов охлаждение было очень незначительным. Но вот спустя более ста лет советский академик А. Ф. Иоффе предложил заменить металлы в термоэлектрических устройствах полупроводниковыми материалами, в частности соединениями висмута, теллура, селена и сурьмы. Вот тогда-то эффект Пельтье стал поистине эффективным средством охлаждения. Оказалось возможным создание на его основе холодильника нового типа, в котором переносчиком тепла служат не жидкости или газы, как в обычном холодильнике, а электроны. Крохотные электронные холодильники, величиной с наперсток, плавно понижают температуру до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Важной особенностью таких холодильников является то, что их легко можно превратить в... нагреватели: для этого нужно лишь изменить направление тока.

Соединения висмута можно встретить во многих сферах современной техники. Трехокись этого металла служит катализатором при получении акриловых полимеров. В качестве флюса, снижающего температуру плавления некоторых неорганических веществ, ее используют также в производстве стекла, эмали, фарфора. Висмутовые соединения вводят в состав стекол, если нужно повысить их коэффициент преломления. Соли висмута применяются при изготовлении красок для дорожных знаков, «вспыхивающих», когда на них падает луч автомобильной фары. Известные с давних пор косметические наклонности висмута проявляются сегодня в создании с помощью его солей перламутровой губной помады.

В последние годы внимание многих ученых приковано к явлению сверхпроводимости. Открытое еще в 1911 году голландским физиком Х. Камерлинг-Оннесом, это свойство некоторых металлов и соединений — вблизи абсолютного температурного нуля практически беспрепятственно пропускать электрический ток — долгое время представляло лишь сугубо научный интерес. Бурное развитие науки и техники во второй половине XX века связало со сверхпроводимостью грандиозные практические перспективы, прежде всего в области энергетики. Но чтобы перспективы стали реальностью, нужно отодвинуть как можно дальше от абсолютного нуля порог сверхпроводимости, т. е. ту критическую температуру, при которой вещество скачкообразно теряет способность сопротивляться электрическому току. Поиски ученых направлены на создание так называемых высокотемпературных сверхпроводников — материалов, способных обрести это свойство при сравнительно легко достижимых температурах. По мнению ряда специалистов, такими материалами могут стать полимеры, «начиненные» мельчайшими частицами металлов.

Не так давно советские химики сделали первый шаг на пути решения этой проблемы. Подвергая электролизу водный раствор солей свинца и висмута в присутствии толуольного раствора полидифенилбутадиена, они сумели получить металлополимер, содержащий около 80% дисперсных (диаметром несколько микрон) частичек свинцововисмутового сплава. Поскольку металл внедрялся в полимер в момент образования из соли, не успевая окислиться, поверхность частиц была почти идеально чистой. Как показали испытания нового материала, температура перехода его в сверхпроводящее состояние, хоть и далека от желаемой, но заметно выше, чем у чистого сплава того же состава. Значит, можно надеяться, что следующие шаги в этом направлении позволят достичь намеченной цели.

Любопытные результаты получили и американские ученые из Мичиганского университета. Они обнаружили, что висмут, «загрязненный» небольшим количеством атомов олова или теллура, при температурах $0,03\text{—}0,06\text{ K}$ обретает сверхпроводимость, в то время как чистый металл этим свойством обделен. Изменяя концентрацию примеси, можно несколько смещать порог проводимости висмута в ту или другую сторону.

До сих пор речь шла о сплавах и химических соединениях висмута. Но свою, пожалуй, самую важную и ответственную роль — теплоносителя в ядерных реакторах — он предпочитает исполнять в гордом одиночестве. На эту роль металл приглашен не случайно: плавится он при сравнительно низкой температуре ($271\text{ }^{\circ}\text{C}$), а кипит при довольно высокой ($1560\text{ }^{\circ}\text{C}$). Широкий интервал температур, при которых висмут пребывает в жидком состоянии, в сочетании с химической стойкостью, пожарной безопасностью и, что самое главное, способностью рассеивать тепловые нейтроны, почти не поглощая их при этом (т. е. не тормозя цепную реакцию), выдвигают висмут в число лучших ядерных теплоносителей. Перспективно и использование его в реакторах с жидкометаллическим топливом — ураном, растворенным в расплавленном висмуте.

У висмута есть еще целый ряд интересных свойств. В отличие от большинства металлов, он очень хрупок и легко растирается в порошок, но горячим прессованием из него можно изготовить тонкую проволоку и пластинки. Почти все металлы при затвердевании уменьшаются в объеме, а висмут, благодаря своеобразию кристаллической структуры, напротив, расширяется (то же происходит и с водой при ее превращении в лед). По-видимому, этим обусловлена и другая особенность поведения висмута. С ростом давления температура плавления веществ обычно повышается. Этому правилу подчиняются все металлы, а для висмута, оказывается, закон не писан: чем выше давление, тем легче он «соглашается» перейти в жидкое состояние.

Висмут — самый диамагнитный металл: если его поместить между полюсами обычного магнита, то он, стремясь с одинаковой силой оттолкнуться от обоих полюсов, займет положение на равном от них расстоянии. Под влиянием магнитного поля электрическое сопротивление висмута увеличивается в большей степени, чем у других металлов; этим его свойством пользуются для измерения индукции сильных магнитных полей (прибор, служащий для этой цели, называется висмутовой спиралью). После расплавления висмута его

электросопротивление падает вдвое, а при охлаждении резко возрастает (например, при понижении температуры от нуля до -180°C сопротивление этого металла увеличивается в 60 раз).

В отношении химических свойств висмут ведет себя куда скромнее, стараясь походить на своих ближайших соседей по пятой группе (точнее, ее правой подгруппе) периодической системы — сурьму и мышьяк. Разве что металлические свойства у него выражены сильнее, но к этому его просто обязывает положение в таблице элементов: он ближе к «полносу металличности» (левый нижний угол таблицы), чем другие элементы его подгруппы. В сухом воздухе висмут устойчив, но во влажном он облачается в тончайшее покрывало окиси. Если же металл нагреть выше 1000°C , он сгорает красивым голубоватым пламенем.

Как известно, при электролизе ионы металла переносятся с анода на катод. Так считали почти полтора столетия — с тех пор как английский ученый Майкл Фарадей установил важнейшие законы электролиза. Но вот в 1975 году сотрудники Института общей и неорганической химии Академии наук УССР обнаружили, что некоторые металлы при электролитических процессах устремляются к аноду. В опытах украинских ученых катод был изготовлен из висмута, анод — из никеля, а роль электролита выполнял расплавленный едкий натр. Когда был включен ток, висмутовый катод начал таять на глазах, и уже вскоре на поверхности анода появились блестящие шарики из чистого висмута.

Это открытие не опровергает, а лишь уточняет закон Фарадея. Большинство металлов действительно выделяется на катоде, и лишь некоторые — висмут, свинец, олово, сурьма — «предпочитают» анод, правда, при условии, что электролитом служит расплав солей щелочных и щелочноземельных металлов.

«Поправка к закону» может быть использована для очистки многих металлов и сплавов от примесей висмута, свинца и других «нарушителей порядка». Для этого металлическую заготовку, которую нужно подвергнуть рафинированию, вводят в электролит в качестве катода. Начинается электролиз, и ненужные примеси, расставшись с основной массой металла, перебазируются на анод. Этот экономичный способ назван катодной очисткой.

Как известно, все металлы, да и вообще большинство твердых тел, имеют кристаллическую структуру, при которой их атомы (ионы, молекулы) располагаются в пространстве в строго определенном порядке. Другое дело — жидкости или газы. Взять хотя бы обычную воду. Что она собой представляет? Совершенно хаотическое скопление молекул «ашдвао». Но стоит охладить воду до нуля, как ее замерзающие молекулы стремятся занять уже не случайное положение, а лишь то, что соответствует кристаллической решетке льда. Так неприметная капелька дождя превращается в красавицу-снежинку. В результате этой перестройки существенно меняются не только «внешние данные», но и многие физико-химические свойства вещества.

Однако не все твердые тела «признают» кристаллическую структуру. Таково, например, стекло — оно аморфно и в жидком, и в твердом состоянии. А нельзя ли аморфные металлические расплавы заставить переходить в твердое, но тоже аморфное состояние, т. е. получать «металлические стекла»? Эта смелая задача была продиктована не праздным любопытством ученых: ведь у новых материалов могли оказаться совершенно неожиданные свойства. Но как же решить задачу?

Обычно процесс кристаллизации вещества протекает во времени, и молекулы поэтому имеют возможность «поразмыслить» над тем, как им себя вести в ходе перестройки. А что если осуществить мгновенное затвердевание и, следовательно, не дать молекулам времени на «размышление»?

На помощь пришлось призвать глубокий вакуум и адский холод. Именно они помогли создать такие условия, оказавшись в которых, молекулы вынуждены были, как при знакомой всем игре моментально подчиняться команде: «Замри!». В ходе многочисленных опытов удалось установить, что если на переохлажденную металлическую пластинку, находящуюся в камере, где обеспечены указанные условия, нанести пары какого-либо металла, то на пластинке тут же образуется «стеклянная» пленка. Подобный эксперимент, в частности, был проделан с висмутом. Оказалось, что пленка из висмутового «стекла» толщиной всего в несколько микрон обладает буквально сказочными магнитными и сверхпроводящими свойствами. Даже при обычной температуре ее сопротивление электрическому току во много раз ниже, чем у того же висмута в кристаллическом состоянии.

Магнетизм и сверхпроводимость — это едва ли не важнейшие качества материалов, без которых немислимо развитие многих направлений современной техники. И, надо полагать, металлические «стекла» (или, если хотите, «стеклянные» металлы) скажут по этому поводу свое веское слово.

Висмут — последний практически не радиоактивный элемент периодической системы. Именно практически, так как тонкие эксперименты показали, что ядра атомов его основного природного изотопа висмута-209 все же подвержены радиоактивным превращениям, но период полураспада этого изотопа в сотни миллионов раз превышает возраст Земли. Поэтому его с полным основанием можно характеризовать как стабильный, чего не скажешь о других 19 изотопах висмута — период полураспада любого из них не превышает нескольких суток.

Совсем недавно висмут помог советским физикам синтезировать ядра 107-го элемента периодической системы. Помещенная в ускоритель висмутовая мишень подверглась ожесточенной бомбардировке ионами хрома. Более двух месяцев непрерывно работал ускоритель, сопоставлялись и анализировались результаты десятков тончайших экспериментов, и вот, наконец, можно было с уверенностью заявить, что при слиянии иона хрома с ядром висмута образуются ядра 107-го элемента, период полураспада которых всего около двухтысячных долей секунды.

Спрос на висмут растет из года в год. За последние 40 лет цена на него на мировом рынке подскочила в

шесть раз. По запасам в земной коре висмут занимает весьма скромное место в восьмом десятке, позади большинства редких и рассеянных элементов. В то же время минералов этого металла не так уж мало—более 70. Правда, скоплений они не образуют, и добывать висмут приходится как попутный продукт при производстве свинца, меди, серебра и других распространенных металлов, руды которых содержат порой всего 0,0001% висмута. Самые известные висмутовые месторождения находятся в Боливии, на острове Тасмания и в Перу.

В нашей стране поиски месторождений этого металла начались в годы первой мировой войны, когда резко возросла потребность в лечебных и антисептических средствах. Висмутовые препараты, используемые для медицинских целей, ввозили в царскую Россию из Германии. С началом военных действий на старом торговом «партнера» рассчитывать не приходилось, и Управление верховного начальника санитарной и эвакуационной части обратилось в Академию наук с просьбой указать, есть ли в России руды висмута и можно ли выплавлять из них этот металл.

Просьба была передана крупнейшему геологу академику В. И. Вернадскому, который в те годы возглавлял Комиссию по изучению естественных производительных сил России. Исследовав образцы Минералогического музея академии, ученый пришел к выводу, что поисковые работы следует вести в Забайкалье, и вскоре туда отправился один из его учеников К. А. Ненадкевич (впоследствии член-корреспондент АН СССР). Спустя некоторое время он нашел в Шерловой горе новый минерал, названный им базобисмутитом. Минерал содержал довольно много висмута и мог быть отличным сырьем для его производства. В дальнейшем геолог нашел еще ряд висмутовых месторождений, а уже в 1918 году из руд одного из них — Букукинского — им были выплавлены первые десятки килограммов отечественного висмута.

РЕДЧАЙШИЙ ИЗ РЕДКИХ (ФРАНЦИЙ)



Нет правил без исключений. — Долгие ожидания. — Где хозяин? — Кое-какие прогнозы. — Две версии. — Незванные гости. — На берегах Мертвого моря. — Что «скажет» пепел сигары? — Открытия «закрываются». — Продолжение поиска. — Радиоактивная вилка. — Вакансия заполнена. — Жизнь коротка. — Химикам помогает... физика. — За залпом залп. — Алхимики хватаются за голову. — Лишнее золото. — Без иллюминации. — «Химия на бегу». — Точки зрения на точку плавления. — Лед тронулся.

Говорят, нет правил без исключений. И если посчитать правилом тот факт, что история открытия химических элементов связана прежде всего с представителями сильной половины человечества, то приятным исключением будут три женских имени, которыми вправе гордиться слабый пол: Мария Склодовская-Кюри — первооткрыватель полония и радия, Ида Ноддак (Такке), открывшая рений, и Маргерит Перэ, которой суждено было открыть франций. Нисколько не умаляя огромных заслуг Марии Склодовской-Кюри и Иды Ноддак, заметим, что научный успех они делили со своими мужьями Пьером Кюри и Вальтером Ноддаком, в то время как Маргерит Перэ при «рождении» Франция обошлась «без посторонней помощи».



Появления на свет элемента № 87 (а именно под этим номером значится франций в таблице элементов) химики всего мира ждали долго — без малого семь десятилетий. Дело в том, что Д. И. Менделеев, воздвигая стройное здание своей периодической системы, не всегда имел «под рукой» подходящий «строительный» материал, и поэтому многие клетки таблицы остались пустыми. Но гениальный ученый понимал, что эти пустоты — дело временное: соответствующие им «кирпичики» должны существовать в природе, но пока они ухитряются оставаться незамеченными. Менделеев не только указал будущее «местожительство» ряда элементов, но и с большой точностью предсказал физические и химические свойства этих незнакомцев.

Жизнь вскоре подтвердила блестящий прогноз ученого: в 1875 году был открыт галлий (Менделеев называл его эка-алюминием, справедливо полагая, что по свойствам он будет похож на своего соседа сверху по

таблице элементов), в 1879 году—скандий (эка-бор), а в 1886 году—германий (эка-силиций).

В статье «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов», опубликованной в 1871 году, Менделеев писал: «Затем в десятом ряду можно ждать еще основных элементов, принадлежащих к I, II и III группам. Первый из них должен образовывать окисел R_2O , второй— RO , а третий — R_2O_3 ; первый будет сходен с цезием, второй — с барием, а все их окиси должны обладать, конечно, характером самых энергичных оснований».

Шли годы, науке становились известны все новые и новые элементы, но клетка с номером 87, забронированная за эка-цезием, продолжало пустовать, несмотря на многочисленные попытки ученых ряда стран разыскать ее законного хозяина. И хотя ему удавалось ускользнуть от пытливого взора исследователей, многие его свойства, определяемые «географическим положением» в периодической системе, уже были известны науке.

Так, не вызывало сомнений, что элемент № 87 должен быть надежным хранителем щелочных «традиций», крепнущих от лития к цезию. Этим обуславливалась прежде всего его высокая реакционная способность (выше, чем у цезия), по «вине» которой он мог присутствовать в природе лишь в виде солей, обладающих большей растворимостью, чем у всех других солей щелочных металлов. Поскольку от лития к цезию падала температура плавления (от 180,5 до 28,5°C), резонно было полагать, что эка-цезий в обычных условиях должен подобно ртути, находиться в жидком состоянии. Для щелочных металлов (кроме лития) характерна еще одна закономерность: чем больше массовое число элемента (т. е. чем ниже он расположен в периодической таблице), тем меньше его содержится в земной коре. Если учесть, что уже на долю цезия в природе приходится совсем немного атомов, то расположенный под ним элемент № 87 мог и вовсе оказаться редчайшим из редких. Наконец, радиоактивные «наклонности» его соседей справа (о которых упоминал в статье Менделеев) — открытых в конце XIX века радия и актиния — позволяли утверждать, что и эка-цезий должен обладать радиоактивностью.

Свойства элемента № 87 определили два основных направления поиска: одни ученые рассчитывали найти его в минералах щелочных металлов или в богатых ими водах минеральных источников и морей; другие предпочитали вести розыск на радиоактивных тропах, надеясь найти эка-цезий среди продуктов распада соседних с ним элементов.

В 1913 году английский радиохимик Дж. Крэнстон сообщил, что он заметил у одного из изотопов актиния слабое альфа-излучение (наряду с характерным для этого изотопа бета-излучением). Ученый предполагал, что при этом может образоваться изотоп элемента № 87. Спустя год сходные результаты были получены австрийскими радиохимиками Мейером, Гессом и Панетом, обнаружившими при опытах с изотопом актиния «незванные» альфа-частицы. «Эти частицы образуются при альфа-распаде обычно бета-активного ^{227}Ac », — писали они, — «...продуктом распада должен быть изотоп элемента 87». Но предположение — еще не научный факт, тем более, что для сомнений было немало оснований: во-первых, замеченное альфа-излучение было настолько слабым, что не выходило за пределы возможных погрешностей эксперимента; во-вторых, исследуемый препарат актиния вполне мог содержать примеси «проживающего» рядом протактиния, который способен излучать альфа-частицы и потому мог легко ввести ученых в заблуждение. Хотя эти исследователи, как выяснилось позднее, находились на правильном пути, до открытия элемента № 87 было еще далеко — этого события оставалось ждать ровно четверть века...

В 1925 году англичанин И. Фриенд решил отправиться в Палестину, намереваясь изучить воды Мертвого моря, богатые щелочными металлами. «Уже несколько лет назад, — писал он, — мне пришло в голову, что если эка-цезий способен к постоянному существованию, то его можно будет найти в Мертвом море». Что ж, идея эта не лишена была смысла, но сколько ни пытался ученый обнаружить рентгеноспектральным анализом хотя бы следы элемента № 87, желаемых результатов он так и не добился.

К помощи спектроскопа прибегали и многие другие исследователи: ведь именно он помог открыть рубидий и цезий — ближайших родственников элемента № 87 по щелочному семейству. Не только концентраты морских солей, но и крупницы редчайших минералов, зола грибов и пепел сигар, сожженный сахар и кости ископаемых животных — казалось бы, все потенциальные обладатели атомов эка-цезия представляли перед объективом спектроскопа, но прибор всякий раз огорчал экспериментаторов.

Однако у ученых, искавших эка-цезий, были не только огорчения, но и радости, часто, правда, преждевременные: некоторые их «открытия», ярко блеснув поначалу, оказывались на поверку ошибочными и потому быстро «закрывались». Так, в 1926 году в печати, появилось сообщение английских химиков Дж. Дрюса и Ф. Лоринга о том, что они якобы наблюдали линии 87-го элемента на рентгенограммах сульфата марганца и дали ему название алкалиний. Через три года американский физик Ф. Аллисон опубликовал данные своих магнитооптических исследований, позволивших ему, как он полагал, обнаружить следы разыскиваемого элемента в редких минералах щелочных металлов — самарските, поллуците и лепидолите. В честь своего родного штата ученый предлагал назвать 87-й виргинием. В 1931 году его соотечественникам Дж. Пэпишу и Э.



Вайнеру вроде бы удалось спектроскопическим методом подтвердить наличие линий виргиния в самарските, но вскоре выяснилось, что причиной появления незнакомых линий был дефект кальцитового кристалла, установленного в спектроскопе, которым пользовались ученые.

В 1937 году румынский химик Г. Хулубей заявил, что эка-цезий найден им в поллуците, и предложил именовать новый элемент молдавием. Но ни алкалинию, ни виргинию, ни молдавию не довелось занять вакантную клетку в левом нижнем углу периодической таблицы.

Продолжали поиски и сторонники радиоактивного направления. Еще в 1925 году одесский химик Д. Добросердов высказал на страницах «Украинского химического журнала» соображения о физических и химических свойствах эка-цезия, подчеркнув, в частности, что он «непременно должен быть весьма радиоактивным элементом». Но ученый при этом ошибочно предположил, что радиоактивность калия и рубидия обусловлена примесями 87-го элемента, который он предлагал назвать руссием, если честь открытия выпадет на долю русских ученых.

Годом позже интересные результаты удалось получить известным радиохимикам О. Гану (Германия) и Д. Хевеши (Венгрия). Тщательное исследование радиоактивных рядов некоторых изотопов актиния показало, что при альфа-распаде одного из них образуется изотоп эка-цезия. правда, из каждого миллиона атомов исходного вещества можно полнить лишь несколько атомов 87-го элемента.

Такова была ситуация в науке к 1938 году, когда в поиски эка-цезия включилась Маргерит Перэ — сотрудница парижского Института радия, ученица Марии Склодовской-Кюри. Прежде всего Перэ решила повторить уже к тому времени давние эксперименты Мейера, Гесса и Панета. Недаром говорят, что часто в науке «новое—это хорошо забытое старое». Подтверждением этого может служить история открытия элемента № 87.

Проделав опыты, Перэ, подобно своим предшественникам, обнаружила присутствие тех же альфа-частиц. Необходимо было доказать, что их источником являются не примеси протактиния, а актиний. Проведя поистине ювелирную очистку актиния от всех возможных примесей и «дочерних продуктов» (т. е. продуктов его радиоактивного распада), а затем исследовав полученный чистейший препарат актиния, Перэ выяснила, что изотоп этого элемента с массовым числом 227 имеет «радиоактивную вилку», или, иначе говоря, способен распадаться по двум направлениям — с излучением бета- и альфа-частиц. Правда, «зубья» у этой вилки оказались далеко не одинаковыми: лишь в 12 случаях из тысячи ядра актиния испускали альфа-частицы, во всех же остальных случаях они излучали бета-частицы (т. е. электроны), превращаясь в ядра изотопа тория. Ну, а что же происходило при альфа-излучении?

Расчет показывал, что, выбросив альфа-частицу (т. е. ядро гелия), ядро изотопа актиния «худело» ровно настолько, чтобы стать не чем иным, как ядром изотопа 87-го элемента. Действительно, в результате опытов появлялся продукт распада актиния со свойствами тяжелого щелочного радиоактивного металла. Это и был некогда прежде не зафиксированный в природе долгожданный эка-цезий, точнее, его изотоп с массовым числом 223. Так в 1939 году был открыт один из последних доурановых элементов. В честь своей родины Перэ назвала его францием.



Почему же так долго франций оставался неуловимым для ученых всего мира? Прежде всего потому, что из всех химических элементов (исключая трансурановые) франций — самый неустойчивый. Период полураспада его наиболее долгоживущего изотопа (который и был обнаружен в опытах Перэ) — всего 22 минуты. Мудрено ли, что при такой «продолжительности жизни» на Земле практически нет не только ощутимых запасов этого элемента, но и мизерных его следов? Впрочем, кое-что все же есть. Пользуясь законом радиоактивного распада, специалисты подсчитали, что из $5976 \cdot 10^{18}$ тонн земного вещества на долю франция приходится... чуть больше 500 граммов. Вот почему найти в природе хотя бы крупинку этого элемента неизмеримо сложнее, чем отыскать иголку в стоге сена. И тем не менее сегодня ученым точно известны многие физические и химические свойства франция. Как же удалось их определить?

Для этого нужно искусственным путем получить сколько-нибудь заметные количества элемента, тщательно очистить его от всех примесей и затем в кратчайшее время провести необходимые измерения и опыты.

Первое время для выделения франция применялись различные химические методы, однако они были довольно сложны и далеки от совершенства. Ощутимых успехов удалось достичь, когда на помощь химикам пришла... физика. Создание циклотронов и развитие техники ускорения ионов позволили разработать физические методы получения франция, основанные на бомбардировке ториевых или урановых «мишеней» протонами высоких энергий. Таким путем в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне в результате пятнадцатиминутного «обстрела» одного грамма урана на синхроциклотроне было получено $5 \cdot 10^{13}$ граммов франция.

Всего $5 \cdot 10^{13}$ граммов? Если бы речь шла, допустим, о золоте, то такое его количество не стоило бы в буквальном смысле и ломаного гроша. А триллионные доли грамма Франция представляют для ученых огромную ценность, ибо позволяют заполнить многие графы в характеристике этого элемента. Разумеется, при этом невозможно экспериментально определить плотность металла или выяснить, при каких температурах он плавится и кипит, но собранная исследователями информация позволяет сделать это расчетным путем.

Разработан и другой оригинальный способ получения франция — облучение «мишеней» из свинца, таллия или золота многозарядными ионами соответственно бора, углерода или неона, ускоренными на циклотронах либо линейных ускорителях. Средневековые алхимики схватились бы за голову, узнав, что их потомки вместо того, чтобы заниматься серьезным делом, т. е. получать золото из других веществ, безрассудно «стреляют» в него какими-то частицами, стремясь превратить драгоценный металл в элемент с сомнительными свойствами. Именно эти сомнительные свойства и вынуждают ученых проводить все новые и новые эксперименты, чтобы узнать как можно больше «секретов» франция.

Как же осуществляются «алхимические» процессы XX века? Тончайшую золотую фольгу (толщиной всего несколько микрон), помещенную в кассету, облучают ускоренными ионами неона — происходит ядерная реакция, в результате чего образуется изотоп франция с массовым числом 212. После получасовой «артподготовки» кассету с фольгой доставляют в лабораторию, где в защитном шкафу с помощью манипулятора облученное золото извлекают из кассеты. Внешне фольга выглядит так же, как до опыта; на самом же деле она содержит десятки тысяч атомов франция. Скажем прямо, не густо, но современным ученым зачастую приходится иметь дело буквально с несколькими атомами вещества. Так, элемент № 101 (впоследствии названный менделевием) был открыт американскими учеными, когда у них «в руках» побывало всего 17 атомов, да и то не одновременно, а в результате примерно дюжины экспериментов (по 1—2 в каждом). Так что десятки тысяч атомов — это целый клад.

Итак, франций получен, но работа с ним только начинается: ведь его надо извлечь из золота и очистить от всех других осколков деления атомных ядер, а уж потом подвергнуть скрупулезному исследованию. Все это надо ухитриться проделать поистине с «космической» скоростью, потому что период полураспада изотопа франция, получаемого при «обстреле» золота, всего 19 минут.

Сначала фольгу растворяют в царской водке и с помощью специальных «золотоуловителей» удаляют весь драгоценный (но совершенно лишний в данной ситуации) металл. Теперь надо убедиться, что эта операция прошла успешно: электронные приборы, в основе работы которых лежит метод меченых атомов, категорически «заявляют», что в растворе нет ни одного атома золота. Но ведь еще не удалены другие примеси. Если они останутся, то исследовать франций бессмысленно, так как картина может быть искажена и ученые окажутся «обманутыми». А отпущенное время неумолимо сокращается, как шагреновая кожа...

«Обеззолоченный» раствор несколько раз прогоняют через колонку, которая заполнена веществом, жадно поглощающим все лишние продукты ядерных реакций и пропускающим лишь франций. Но вот очистка окончена. Капельку раствора помещают в углубление на тефлоновой пластинке и облучают мощным потоком инфракрасных лучей. Через несколько секунд от капли ничего не остается. Но испарился только раствор, а атомы франция должны «лежать» на пластинке. Чтобы убедиться в этом, ее вставляют в камеру чувствительного прибора, где создается вакуум, и крохотная неоновая лампочка сигнализирует о том, что франций есть. Но почему горит лишь одна из многих лампочек? Это означает, что франций чист. Если бы к нему «присоседились» инородные атомы, то загорелись бы и другие лампочки. Но, к счастью, ненужной иллюминации нет — можно приступать к химическому исследованию франция. А на эту завершающую и, пожалуй, самую ответственную стадию эксперимента отведены считанные минуты, иначе от франция останутся лишь воспоминания. Не случайно ученые в шутку называют такие опыты «химией на бегу».

За годы, прошедшие со времени открытия франция, проделано множество опытов, выполнены сотни расчетов. Сегодня науке известны основные физические и химические свойства этого элемента. Его плотность $2,5 \text{ г/см}^3$, температура кипения примерно $620\text{—}630 \text{ }^\circ\text{C}$, а вот в отношении точки плавления франция у ученых нет единой точки зрения. Дело в том, что измерить эту температуру пока что не удастся, поскольку наука не в состоянии синтезировать франций в весовых количествах; иначе говоря, было бы что плавить, тогда было бы и что измерять. Правда, сегодня радиохимики умеют работать и с так называемыми субмикроскопическими



количествами вещества (так, масса впервые полученного в металлическом состоянии берклия составляла всего пять миллионных долей грамма). Но и тогда результаты определения температуры плавления франция нельзя было бы считать истинными, так как чем меньше размер частиц вещества, тем ниже точка его плавления (например, частицы золота размером 0,01 микрона плавятся не при 1063 °С, как положено золоту, а лишь при 887°С).

Поэтому искомую характеристику франция ученые получают лишь теоретически — путем сопоставления свойств других щелочных металлов, выяснения существующей между ними взаимосвязи и экстраполяции, т. е. продолжения установленной графической зависимости в область, для которой нет экспериментальных данных. Но этот путь не дает столь точных результатов, как современные способы измерения температуры. Отсюда и расхождения, зависящие от того, какие теоретические предпосылки положены в основу расчета. В литературе можно встретить такие значения температуры плавления франция (в градусах Цельсия): 8, 19, 20, 27, 15—23 и т. д.

С химической точки зрения, франций — самый активный щелочной металл. Если фтор, находящийся в правом верхнем углу таблицы Менделеева, — наиболее яркий представитель неметаллов, то его антипод франций можно считать самым «металлическим» металлом.

Ну, а какую практическую пользу может принести этот неуловимый элемент? О широком применении его говорить пока рано. Однако лед тронулся. Характерное для франция излучение позволяет, например, быстро определить, есть ли в тех или иных природных объектах его «прародитель» актиний. Для медицины несомненный интерес представляет способность франция накапливаться в опухолевых тканях, причем (что особенно важно) даже на начальных стадиях заболевания. Благодаря этому элемент можно использовать для ранней диагностики саркомы. Такие опыты уже успешно проведены на крысах. Будущее несомненно раскроет и другие «способности» франция, а пока...

Эксперименты продолжаются, франций «рассказывает» о себе, ученые внимательно «слушают».

«В ГРАММ ДОБЫЧА, В ГОД ТРУДЫ» (РАДИЙ)



Повествуют легенды. — Шаг в бессмертие. — Три франка в день. — Задачи определены. — Не жарко! — Два незнакомца. — Голь на выдумку хитра. — Находка в парижском дворе. — Подарок из Богемии. — Сказочное царство. — Четыре года спустя. — «Не имею нужды в ордене...» — Торжество алхимических идей? — Любовь и обида Беккереля. — Чудесный исцелитель. — Радость старого лорда. — Ожерелья и лаборатории. — Нобелевская премия. — Гибель Пьера Кюри. — «В грамм добыча, в год труды!» — На войне, как на войне. — Сказочный ларец. — Русский радий. — Мечта танцовщицы. — Черная записная книжка.

История науки хранит немало примеров того, как гениальные идеи внезапно осеняли ученых, как буквально в считанные секунды рождались великие открытия. Если верить древней легенде, однажды Архимед решил принять ванну, и пока его брэнное тело занималось вытеснением жидкости, в голове великого грека уже созрел едва ли не важнейший закон гидромеханики. А вот Ньютону якобы достаточно было увидеть в саду падающее с дерева яблоко, как физика обогатилась одним из основных своих постулатов—законом всемирного тяготения...

В результате легкомысленного, а порой и обывательского «понимания» того, как открываются великие законы науки, создавались эти легенды. Но еще Ходжа Насреддин говорил: «Дичь видишь потому, что охотишься». На многих падало яблоко с дерева, но только для Ньютона оно оказалось воистину золотым. Все мысли ученого были заняты этим «будущим» законом — пока еще в предположениях и наблюдениях; вот почему маленькое яблоко стало подобно тому первому камешку в горах, который вызывает обвал. Да ведь для обвала-то надо кое-что «иметь», кроме этого первого камешка.

Порой, чтобы достичь цели, ученые трудились долгие месяцы и даже годы, проводили эксперимент за экспериментом, совершая при этом настоящий научный подвиг. И, пожалуй, самым ярким примером такого подвига может служить открытие и получение Марией Склодовской-Кюри и Пьером Кюри одного из удивительных металлов мироздания — радия. Вот почему рассказ о радиации — это и рассказ о двух замечательных ученых, об их бескорыстном титаническом труде на благо науки.

...Поезд идет уже третьи сутки. Где-то далеко позади осталась родная Польша, отсчитана не одна сотня километров по земле Германии, впереди — Париж. Что ждет там скромную польскую девушку, решившую поступить в знаменитую Сорбонну? Она мечтает, закончив университет, вернуться на родину — работать учительницей физики. Ни она сама и ни один человек в мире еще не знает, что не сбудется эта робкая мечта. Судьбе угодно было распорядиться иначе: сев в этот поезд, Мария Склодовская сделала первый шаг на долгом и тернистом пути, который обессмертит ее имя, поставит его в ряд величайших имен человечества.

Всеобщее признание, слава, почет — как нескоро еще придет все это... А пока она может тратить только три франка в день — на еду, одежду, жилье, тетради, книги. Всего три франка!.. Расходы на омнибус — непозволительная роскошь: в холод и дождь Мария идет в университет пешком. Чтобы сэкономить керосин для освещения, как только начинает темнеть, она бежит в библиотеку Сен-Женевьев, где можно просидеть до закрытия — до десяти часов вечера. А потом до двух ночи при свете керосиновой лампы Мария занимается дома — в крохотной комнатке под крышей. На протяжении многих недель дневной рацион ее — чай да хлеб

с маслом, а порой — лишь пучок редиски или немного вишен.

Но вот, наконец, с блеском окончен курс Сорбонны, получены сразу два диплома — физика и математика.

В это время в одном из писем брату Мария Склодовская делится с ним мыслями: «Жизнь, как видно, не дается никому из нас легко. Ну, что же, надо иметь настойчивость, а главное — уверенность в себе. Надо верить, что ты на что-то годеи и этого «что-то» нужно достигнуть во что бы то ни стало».

Вскоре, в 1895 году, произошло событие, сыгравшее важную роль в судьбе Марии, — она стала женой уже известного в то время физика Пьера Кюри. С этого момента совместная работа стала для них смыслом жизни. До открытия радия оставалось немногим более трех лет...

Даже рождение дочери не могло помешать Марии заниматься любимым делом. Молодая женщина успевает и вести хозяйство, и ухаживать за крохотной Ирэн, и трудиться в лаборатории Пьера Кюри, в подготовительной школе физики при Сорбонне. В том же году Мария Склодовская-Кюри приступает к работе над диссертацией. Ей предстоит выбрать тему. Больше всего молодого ученого волнует открытое незадолго до этого Анри Беккерелем загадочное излучение урана и его соединений. Именно в этом направлении и решено было на семейном совете продолжать научный поиск.

С помощью созданного мужем прибора, позволявшего количественно оценивать поток таинственных лучей, Мария Кюри исследовала тысячи образцов. Работа велась в невероятно тяжелых условиях, в сыром не приспособленном для опытов помещении, на примитивном оборудовании. В один из зимних дней в научном дневнике появилась запись, покоряющая своей педантичной точностью: «Температура 6,25 °C!!».

Но Мария Кюри трудилась с необыкновенным упорством. Тщательное изучение разнообразных материалов подтверждало правоту Беккереля, считавшего, что чистый уран обладает большей радиоактивностью, чем любое его соединение. И хотя об этом говорили результаты сотен опытов, исследованию подвергались все новые и новые вещества. И вдруг... Неожиданность! Два урановых минерала — хальколит и смоляная руда Богемии — гораздо активнее действовали на прибор, чем уран. Вывод напрашивался сам собой: в них содержится какой-то неизвестный химический элемент (возможно, и не один) с еще более высокой степенью радиоактивности. По крупичкам анализируя оба минерала, супруги Кюри приходят к заключению, что в них «прячутся» два незнакомца. И вот, наконец, открыт один из них. В честь Польши—родины Марии — его решено назвать полонием.

Снова за работу, снова титанический труд — и еще одна победа: обнаружен элемент, в миллион раз превосходящий по радиоактивности уран. За эту неиссякаемую способность к излучению ученые назвали его радием («радиус» по-латыни—луч). Произошло это в 1898 году.

Итак, полоний и радий открыты, но их пока никто не видел. Чтобы показать миру эти элементы, чете Кюри понадобилось еще четыре года напряженного труда, долгих четыре года...

Даже в наиболее радиоактивных продуктах присутствуют лишь следы новых элементов. Значит, для их выделения придется обработать тонны сырья! Для этого нужны средства и немалые. Где их взять?

Ученые решили обратиться к одному из австрийских физиков с просьбой помочь им приобрести по доступной цене отходы урановой руды (из нее в Богемии извлекали уран, используемый в виде солей для окрашивания стекла и фарфора).

Тем временем нужно подыскать подходящее помещение: та небольшая мастерская, где начинались поиски неведомого элемента, слишком уж тесна для предстоящей работы. Руководство Сорбонны «не видит возможности» помочь ученым. В соседнем дворе они находят старый заброшенный сарай, у которого имелось одно весьма сомнительное достоинство: он был настолько плох, что на него не зарился никто другой. «Хоромы» поступают в полное распоряжение Пьера и Марии Кюри.

Дощатые стены, асфальт вместо пола, стеклянная крыша, протекавшая во время дождя, несколько грубо сколоченных столов, печка с проржавевшей трубой да классная доска — вот «штрихи к портрету» той лаборатории, где ученым предстояло провести не один год, прежде чем они добьются своей цели — выделяют крупички лучезарного радия. «Но как раз в этом никудышном, старом сарае прошли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвященные работе», — скажет впоследствии М. Кюри.

Пока супруги осваивали свои новые владения, пришли добрые вести из Австрии: по ходатайству



Венской академии наук австрийское правительство дало указание директору рудника отправить в Париж несколько тонн отходов урановой руды.

Вскоре, в одно прекрасное утро (если бы шел проливной дождь с градом и ветер срывал с домов крыши, все равно это утро показалось бы Марии и Пьеру прекрасным), к зданию, где помещалась школа физики, подошла конная повозка и рабочие начали выгружать мешки. Мария не может скрыть свою радость: она стала обладательницей несметных сокровищ! Ведь в этих мешках содержится не просто бурая порода, похожая на дорожную пыль, — здесь таится ее радий. Проще, правда, найти иголку в стоге сена, чем добыть хотя бы крупицы этого металла. И все же — за работу, сейчас же, немедленно...

Первое время супруги совместно трудятся над химическим выделением радия и полония. Однако постепенно они приходят к выводу, что целесообразно разделить «обязанности»: Мария продолжает обработку руд, чтобы получить чистые соли радия, Пьер ставит тонкие опыты по уточнению свойств нового металла.

В сарае нет вытяжных шкафов, а при работе выделяются вредные газы, поэтому Марию чаще можно было увидеть во дворе, окруженную клубами дыма. Зимой же и в непогоду она трудилась в сарае, при открытых окнах. «Мне приходилось обрабатывать в день до двадцати килограммов исходного вещества, — вспоминала М. Кюри, — и в результате весь наш сарай был заставлен большими сосудами с осадками и растворами; это был изнурительный труд — переносить мешки, сосуды, переливать жидкости и часами перемешивать железным прутом кипящую массу в чугунном котле». (Когда впоследствии кто-то назовет в присутствии М. Кюри ее деятельность подвижничеством, она возразит: «Какое это подвижничество, господа, когда все это было так интересно!»)

Иногда ученые на несколько минут отрываются от приборов и склянок и начинают мечтать о том дне, когда они увидят, наконец, свой радий. «Пьер, ты каким представляешь его себе?» «Видишь ли, Мари, мне бы хотелось, чтобы у него был красивый цвет». К великому восторгу обоих через несколько месяцев они обнаруживают, что у радия есть нечто большее, чем красивый цвет: он постоянно излучает свет! По вечерам радий словно манит их к себе. Когда темнеет, Пьер и Мари возвращаются в сарай, где повсюду — на столах, на полках — расставлены стеклянные банки и пробирки с веществами, обогащенными радием. И старый дощатый сарай превращается в сказочное Царство Радия. Во тьме его, куда ни глянешь, мерцают чудесные зеленовато-голубоватые огни, как бы висащие в темноте. Бледное сияние озаряет прекрасные взволнованные лица ученых...

Шли дни, недели, месяцы, но радий упорно отказывался знакомиться с людьми. Стоит ли этому удивляться? Ведь условия, в которых находились физики, отнюдь не способствовали решению стоявшей перед ними сложнейшей химической задачи. Пьер даже предложил приостановить работу, заняться теоретическими исследованиями и дождаться лучших времен — тогда успеха можно будет добиться с меньшими затратами сил. Но даже авторитет мужа не в состоянии поколебать решимость Мари. И Пьер соглашается с ней.

Самозабвенный труд приносит наконец плоды: в 1902 году, спустя четыре долгих года с того дня, когда супруги Кюри объявили о вероятном существовании радия, Мари удается выделить крупицу чистого хлористого радия, который давал ясный спектр нового элемента. Всего десятая доля грамма, но она приносит радию уже официальное признание.

И снова за дело — ведь теперь можно ближе познакомиться с этим необыкновенным элементом, выяснить, чем он может быть полезен людям. Для этого, как воздух, нужны средства, а семья Кюри, несмотря на блестящие научные достижения, продолжает едва сводить концы с концами.

Ученые мечтают о новой лаборатории, где они смогли бы развернуть большие опыты с радием, но судьба не торопится воплотить их мечту в жизнь. Примерно в это время начальство П. Кюри решило представить его к награде орденом Почетного легиона. Однако в записке, адресованной декану факультета, Пьер писал: «Прошу Вас, будьте любезны передать господину министру мою благодарность и осведомить его, что не имею никакой нужды в ордене, но весьма нуждаюсь в лаборатории».



Даже в тех условиях, которые, мягко выражаясь, оставляли желать лучшего, ученым удавалось узнавать все новые и новые подробности о радии. Оказалось, например, что он испускает не только лучи:

каждый грамм этого металла выделяет в час теплоту, достаточную, чтобы растопить такое же количество льда.

А всего за время своего существования (постепенно весь радий распадается, превращаясь в другие элементы) один грамм радия выделит столько теплоты, сколько образуется, например, при сжигании полтонны каменного угля, но на это потребуется немногим меньше... 20 тысяч лет.

Если в стеклянную трубку поместить маленькую щепотку солей радия и запаять ее, а спустя несколько дней перекачать воздух из нее в другую герметичную трубку, то она начнет светиться в темноте зеленовато-голубым светом — точно так же, как и радиевая соль. Большой интерес к этому явлению проявили английские ученые Эрнст Резерфорд, Фредерик Содди, Уильям Рамзай. Сначала было установлено, что свечение объясняется образованием нового газообразного радиоактивного вещества, рожденного из радия. Вслед за тем, в 1903 году, удалось обнаружить, что превращение радия в эманацию (так первое время именовался новый газ, названный позднее радоном) сопровождается появлением уже известного тогда газа гелия. Работы английских ученых положили начало теории радиоактивных превращений элементов (кстати, сам радий образуется в результате распада урана — именно поэтому он впервые дал о себе знать, когда исследовались урановые минералы).

Один элемент самопроизвольно превращается в другой — как тут не вспомнить средневековых алхимиков, стремившихся получить золото из других металлов. Значит, не так уж и плоха была в принципе эта идея. Но скольким умам еще предстояло родиться, прежде чем мир узнал о том, что подобные чудеса возможны, понял, почему они происходят, научился их совершать!

Во Франции же изучение радия пошло в несколько ином направлении: им всерьез заинтересовались... врачи. Было обнаружено еще одно свойство этого элемента: его излучение вызывало ожоги человеческого тела. Пьер Кюри добровольно подверг свою руку действию радия в течение нескольких часов — кожа сначала покраснела, затем образовалась рана, на лечение которой ушло более двух месяцев. Анри Беккерель также обжегся радием, хоть и не по своей охоте: пронесив некоторое время в кармане жилета пробирку с солью радия, он ощутил вдруг сильное жжение. Рассказывая об этом супругам Кюри, Беккерель воскликнул: «Я люблю радий, но я на него в обиде».

П. Кюри вместе с врачами проводит ряд опытов по облучению животных. Результаты ошеломляющие: разрушая больные клетки, радий помогает излечить рак кожи — болезнь, против которой медицина всегда была бессильна. Вскоре уже многие парижские больные узнают чудодейственную силу радиотерапии.

Первое время супруги Кюри обеспечивают врачей пробирками с эманацией радия, но новый вид лечения находит все больше сторонников, и скромная лаборатория физиков уже не может удовлетворить спрос на радиевые препараты.

Лечебные свойства радия привлекают внимание промышленников. Из Америки в адрес Кюри приходит письмо: в Буффало намечено строительство радиевого завода, и американские технологи просят ученых дать им сведения, необходимые для разработки проекта. Супруги могут, запатентовав свои идеи и закрепив таким образом право на промышленную добычу радия, извлечь из этого большую материальную выгоду. Им очень нужны деньги, но истинные ученые не считают себя собственниками радия — их детище принадлежит всем людям. В Буффало отправлено письмо с подробными указаниями, как извлекать радий из руд. Чем скорее начнет работать завод, тем больше людей исцелит радий. Это для Кюри дороже любых денег.

Завод по производству радия для медицинских целей сооружается и в Европе — его строит французский промышленник Арме де Лиль. Человек образованный и прогрессивный, он начинает издавать на свои средства научный журнал «Радий», посвященный вопросам радиоактивности.

Однако этому предшествовали события, сыгравшие большую роль в жизни супругов Кюри. 1903 год стал для них во многом переломным. В июне Мари с успехом защищает докторскую диссертацию. Летом того же года Лондонское королевское общество приглашает Пьера сделать доклад о радии. Прибывших в Англию супругов ждет восторженный прием. Их радушно встречает лорд Кельвин. Ученый, имя которого известно всему миру, гордится своей дружбой с замечательными французскими физиками. Кюри дарят ему стеклянную ампулу с радием, и великий старец с юношеским восторгом показывает этот бесценный подарок своим коллегам.

На докладе П. Кюри присутствует весь цвет английской науки. Пьер демонстрирует поразительные «способности» радия: волшебные силы, которые таятся в этом элементе, заставляют светиться экран, пропитанный раствором сернистого цинка, действуют на завернутые в черную бумагу фотопластинки, разряжают на расстоянии электроскоп, согревают окружающий воздух.

Успех превзошел все ожидания. «Профессор и мадам Кюри» оказались в центре внимания аристократического Лондона. В их честь устроен блестящий банкет, где собралась столичная знать. Скромно одетые супруги Кюри, не привыкшие к таким приемам, чувствуют себя стесненно. Мари, у которой нет даже обручального кольца, с неподдельным интересом рассматривает сверкающие драгоценности, украшавшие светских дам. Она переводит взгляд на мужа и видит, что он... тоже с любопытством разглядывает роскошные



бриллианты, жемчуг, золото — но это так не похоже на него. Все стало ясно после банкета, когда ученые оказались наконец одни. «Не зная, чем заняться, — поведал Пьер, — я придумал себе развлечение: стал высчитывать, сколько лабораторий можно построить за камни, обвиняющие шею каждой из присутствующих дам. К концу обеда я выстроил астрономическое число лабораторий!»

Вскоре Лондонское королевское общество присудило супругам Кюри золотую медаль Дэви, а в ноябре того же 1903 года вместе с Анри Беккерелем они были удостоены высшей награды, которой отмечается труд ученых. — Нобелевской премии. Мари стала первой женщиной — лауреатом премии Нобеля. (Спустя восемь лет ее второй раз удостоят этой чести — на этот раз за работы в области химии — и на протяжении более полувека она будет единственным в мире дважды лауреатом Нобелевской премии.)

Слава, признание, возможность работать в отличных лабораториях — все это пришло теперь к супругам Кюри. Но радость их была недолгой: в 1906 году, попав под колеса ломовой телеги, гибнет Пьер Кюри. Горе, обрушившееся на Мари, безмерно. Она пытается найти хоть какое-то утешение в работе — той работе, которой ее Пьер посвятил свою жизнь.

В 1910 году Мария Кюри вместе с верным другом их семьи известным химиком Андре Дебьерном добивается крупнейшего научного успеха: им впервые в мире удается выделить чистый радий (получаемый до этого в лабораторных и промышленных условиях «радий» на самом деле представлял собой хлористую или бромистую соль этого элемента).

Выделение радия — одна из самых тонких и сложных операций, которые знает химия. Еще бы: ведь чтобы получить один грамм радия нужно переработать десятки тонн урановой руды (каждая тонна содержит лишь доли грамма этого элемента), израсходовать при этом 500 тонн различных реактивов, 10 тысяч тонн угля и столько же дистиллированной воды! «В грамм добыча, в год труды!» — точнее не скажешь. Удивительно ли, что в 1912 году один грамм радия, на вид мало чем отличающегося от большинства металлов, оценивался чуть ли не в полмиллиона золотых рублей. Так дорого никогда не стоило еще ни одно вещество. Уж тут не скажешь, что радий был «на вес золота»: за эту лучистую крупицу пришлось бы отвалить не один десяток пудов золота!

В 1914 году сбылось то, о чем не раз мечтали супруги Кюри: в Париже, на улице Пьера Кюри, завершилось строительство Института радия. Казалось бы, теперь Мари может с головой окунуться в любимую работу. Однако в научные планы врывается война. Мария считает, что она не вправе заниматься в тиши кабинетов научной деятельностью, когда рвутся снаряды и гибнут люди. Нет, она должна быть там, в гуще событий.

С той же энергией, с какой она в свое время обрабатывала тонны руды, Мария Кюри берется за решение труднейшей задачи военного времени: организовать рентгеновское обследование раненых не только в тыловых госпиталях, но и в полевых условиях. На средства Союза женщин Франции она создает первый «радиологический автомобиль». Затем другой, третий, десятый, двадцатый... Эти машины, шутливо прозванные на фронте «кюричками», появляются всюду, где идут ожесточенные бои. Мари и сама с утра до вечера обследует раненых. Порой она забывает о завтраке или обеде, спит, где придется — в комнатухе медсестры, в походной палатке, а то и под открытым небом.

Но вот вновь наступает мир и Мари возвращается в опустевшее здание Института радия. Сколько мыслей, идей, планов можно теперь осуществить. Однако чтобы широко развернуть научную работу, нужен радий, а его в распоряжении Кюри так мало — чуть больше грамма.

В один из весенних дней 1920 года Институт радия посетила известная американская журналистка миссис Мелони. «Если бы вы имели возможность наметить себе во всем мире вещь, самую желанную для вас, то что вы выбрали бы?» — спросила она у Марии Кюри. «Мне был бы нужен один грамм радия для продолжения моих исследований, но купить его я не могу. Радий мне не по средствам».

Миссис Мелони горит желанием помочь М. Кюри, но и у нее нет необходимых для этого ста тысяч долларов. У журналистки возникает смелый проект: пусть ее соотечественники подарят мадам Кюри грамм радия. По возвращении в Нью-Йорк она развивает бурную деятельность: создает специальный Комитет, организует во всех городах Америки национальную подписку в «Фонд радия Марии Кюри». Не проходит и года, как в Париж летит радостная весть: «Деньги собраны, радий — ваш!» Мари отправляется в США и 20 мая 1921 года в Вашингтоне президент Гардинг дарит ей грамм радия или, точнее, его символ — изготовленный для этой цели, окованный свинцом ларец для хранения пробирок с радием. Сам же радий, полученный на заводе в Питтсбурге, будет затем доставлен во Францию. Президент вручает Мари пергаментный свиток, перевязанный трехцветной лентой, и надевает ей на шею муаровую ленту с маленьким золотым ключиком от ларца.

Накануне торжества миссис Мелони решила согласовать с Кюри текст дарственного свитка. Прочтя его, Мари решительно возразила: «Надо изменить этот акт. Радий, который дарит Америка мне, должен навсегда принадлежать науке. Пока я жива, я буду пользоваться им только для научных работ. Но если оставить акт в такой форме, то после моей смерти подаренный мне радий окажется наследственной собственностью частных лиц — моих дочерей. Это недопустимо. Я хочу подарить его моей лаборатории». Пришлось вносить в акт соответствующие коррективы.

Научный интерес к радио наблюдался во многих странах. Еще при жизни Марии Кюри радиевые институты начали работать в Вене, Варшаве. В начале 1922 года Радиевый институт во главе с академиком В. И. Вернадским был создан в Петрограде. Уже вскоре, выступая на заседании Российской Академии наук, Вернадский сказал: «Я счастлив сообщить Академии, что в этом году сотрудникам Радиевого института под

непосредственным руководством В. Г. Хлопина удалось получить из русской руды первые пробы радия. ...Радий получен из ферганской руды... Удалось наладить работу и на заводе (имелся в виду пробный радиевый завод на Каме — С. В.) не на бумаге, а в действительности, и сейчас первый радий в России получен из новой руды по новым приемам».

К 1916 году в мире было получено лишь 48 граммов радия, к 1927 году насчитывалось около 340 граммов. Да и сейчас общее количество этого металла, добытое во всех странах мира, едва ли превышает 3 килограмма. Впрочем, это вполне объяснимо: и в научных лабораториях, и в медицинских учреждениях, и в промышленности применяют не чистый радий, а его соединения. Производство их намного проще, и стоят они поэтому неизмеримо дешевле чистого металла.



Силы радия настолько велики, что даже ничтожные количества его солей, добавленные к специальным краскам, заставляют их светиться практически вечно. Такие краски долгое время наносили на стрелки авиационных приборов, компасов и часов, чтобы ими можно было пользоваться в темноте, например в условиях долгой полярной ночи.

Любопытно, что мысль использовать радий в «осветительных» целях пришла впервые известной американской танцовщице Лои Фуллер — произошло это в самом начале нашего века. Прочитав как-то в газете, что радий излучает свет, она решила сделать танцевальный костюм в виде крыльев бабочки, которые мерцали бы в темноте, изумляя публику. Лои обратилась к супругам Кюри с просьбой помочь ей. Но ученым пришлось огорчить актрису: ее проект был совершенно нереален. В таких количествах, которые потребовались бы на «крылышки», радий представлял бы совершенно опасность для жизни самой танцовщицы. Да-да, тот самый радий, который играет роль чудесного исцелителя, может оказаться для человека губительным, если его концентрация окажется выше допустимой.

А какова же эта допустимая концентрация? Всего 10 миллиграммов на один кубический километр воздуха! Вот почему при работе с радием нужно соблюдать чрезвычайную осторожность. По этой же причине в последнее время во всех областях науки и техники радий вытесняется менее опасными и значительно более дешевыми искусственными радиоактивными элементами.

...В 1958 году в Брюсселе посетители Всемирной выставки с волнением рассматривали внешне малопримечательный экспонат. Под стеклом лежала раскрытая на случайной странице небольшая записная книжка в черном коленкоровом переплете — лабораторный дневник Марии и Пьера Кюри. Рядом с книжкой находился счетчик радиоактивности, соединенный с громкоговорителем. Он ритмично пощелкивал, свидетельствуя о том, что страницы дневника ни на секунду не прекращают испускать радиоактивные лучи: более полувека назад капли раствора, содержавшего соли радия, случайно упали на бумагу.

Уже давно нет в живых тех, кто тщательно вел когда-то этот дневник, уже давно пожелтели и стали ветхими его листки, но мы слышим сигналы именно того радия, что был рожден в старом сарае одного из парижских дворов. Пройдет еще много столетий, и рано или поздно эти следы радия перестанут существовать, но даже время не в силах будет стереть в памяти благодарного человечества имена замечательных ученых, совершивших одно из величайших научных открытий.