**Кадмий - По имени финикийца Кадма**

С.И. Венецкий

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 оксидом цинка, который показался ему подозрительным: его 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 изъятый оксид цинка проверке. Первые же опыты вроде бы свидетельствовали, что бдительный врач не зря поднял тревогу: при взаимодействии раствора этой оксида 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 мышьяк 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 Штромейера, 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 оксид цинка, в Шенебеке прокаливали углекислый цинк. Штромейер проделал ту же операцию и к своему удивлению обнаружил, что образовавшееся соединение имеет желтый цвет, а оксид цинка "по правилам" должен быть белым.

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, Штромейер 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 Штромейер 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 Штромейера, 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 физику, 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 припои, 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 жесть, 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 переменило 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 усами, 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 бессменно 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 оксидом 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 XX века, приведена следующая справка: "...светлые желтые тона, начиная от лимонно-желтого, получаются из чистых слабокислых и нейтральных растворов сульфата кадмия, а при осаждении раствором сульфида 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 ультрамарином и дает прекрасную зеленую краску, которая в торговле называется кадмиевой зеленью... Будучи смешана с олифою, 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".

Амплуа 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" внеземных 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 тепловизиров - 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. Чаще 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.