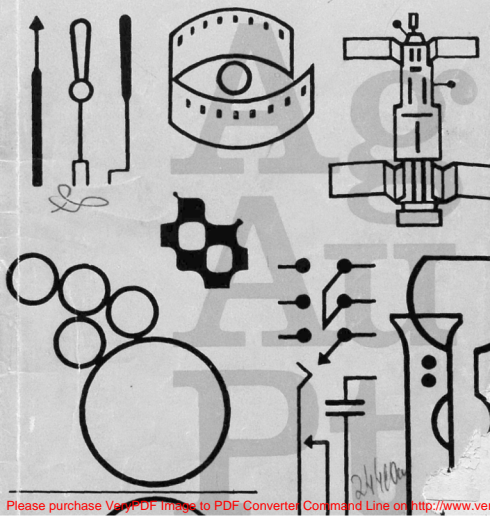


Б. И. Казаков

# БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ СЛУЖАТ ЧЕЛОВЕКУ



Б. И. Казаков

# БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ СЛУЖАТ ЧЕЛОВЕКУ



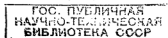
Москва  
«Металлургия» 1973

Контроль за качеством



669.21/23

73-24410 а


 44  
 4016

Казаков Б. И.

К 14      Благородные металлы служат человеку. М. «Металлургия», 1973.

168 с.

В занимательной и популярной форме рассказано о поисках, добыче, извлечении из руд и переработке золота, серебра и платиновых металлов. Кратко рассматривается история развития благородных металлов. Особое внимание уделяется вопросам промышленного использования благородных металлов, увеличенную потребности современной техники в них. Список лит. 51, назв.

669.21/23 -

К  $\frac{3103-103}{040(01)-73}$  11-73

© Издательство «Металлургия». 1973.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА . . . . .	5
---------------------------------	---

## ЗОЛОТО

ПЕРВЫЙ МЕТАЛЛ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА . . . . .	7
Металл каменного века . . . . .	7
Золото — деньги . . . . .	8
Золотой грабёж . . . . .	10
Поиски золота . . . . .	11
Золотой стандарт . . . . .	12
РУССКОЕ ЗОЛОТО . . . . .	15
Первые поиски и указ Петра . . . . .	15
Золото Урала и Сибири . . . . .	17
Ленское золото . . . . .	18
ЗОЛОТАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗА РУБЕЖОМ	19
Конкистадоры XX века . . . . .	19
ПОПЫТКИ СДЕЛАТЬ ЗОЛОТО . . . . .	23
Священное искусство . . . . .	23
Начало великого заблуждения . . . . .	23
Расцвет алхимии . . . . .	25
На перепутье . . . . .	27
Алхимия наших дней . . . . .	30

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

ЗОЛОТА . . . . .	31
Промывка россыпного золота . . . . .	31
Амальгамация . . . . .	34
Аффинаж и хлоринация . . . . .	35
Цианирование . . . . .	36
Обогащение . . . . .	37
Пирометаллургия золота . . . . .	38
Золото из воды . . . . .	39
Пробирное искусство . . . . .	40

## ЗОЛОТО В ТЕХНИКЕ . . . . . 42

Свойства золота и его сплавов . . . . .	42
Золотые покрытия . . . . .	51
Краски золота . . . . .	57
Золото в медицине . . . . .	60
Золотой катализ . . . . .	61
Золото в электронной и полупроводниковой технике . . . . .	62
Золото в научных открытиях . . . . .	64

## СЕРЕБРО

СЕРЕБРО ЧЕРЕЗ ВЕКА И СТРАНЫ . . . . .	73
Серебро в древности . . . . .	73
Серебро в средневековье . . . . .	75

Заокеанское серебро . . . . .	77
Серебро в XIX веке . . . . .	77
<b>РУССКОЕ СЕРЕБРО . . . . .</b>	<b>82</b>
Киевское серебро и «русский выход» . . . . .	83
Первые поиски . . . . .	84
Серебро Забайкалья . . . . .	85
Алтайское серебро . . . . .	86
Серебро Грузии . . . . .	87
Серебро Казахстана . . . . .	88
<b>СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА . . . . .</b>	<b>88</b>
Старые способы выплавки . . . . .	89
Амальгамация серебра . . . . .	96
<b>СЕРЕБРО СЛУЖИТ ЛЮДЯМ . . . . .</b>	<b>96</b>
Зеркала . . . . .	96
Желтое стекло . . . . .	99
Фото и кино . . . . .	101
Покрyтия и припои . . . . .	107
Сплавы серебра . . . . .	109
Серебро и атомная энергия . . . . .	112
Серебро в медицине . . . . .	115
Биологическая роль серебра . . . . .	118
Серебро в искусстве . . . . .	120
<b>ПЛАТИНА И ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ</b>	
<b>САМЫЕ МОЛОДЫЕ БЛАГОРОДНЫЕ</b>	
<b>МЕТАЛЛЫ . . . . .</b>	<b>125</b>
Первые сведения о новом металле . . . . .	125
Платиновые металлы . . . . .	128
Русская платина . . . . .	132
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ПЛАТИНЫ . . . . .</b>	<b>134</b>
Ковкая платина . . . . .	134
Платина и сталь . . . . .	136
Платиновая монета . . . . .	139
Аффинаж и плавка платины . . . . .	140
<b>ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ</b>	
<b>В ПРОМЫШЛЕННОСТИ . . . . .</b>	<b>142</b>
Платина в научном эксперименте . . . . .	142
Платина в химических производствах . . . . .	144
Платиновые металлы в катализе . . . . .	146
Платина и ее спутники в ювелирном деле . . . . .	151
Платина и платиновые металлы в медицине . . . . .	152
Платиновые металлы в электротехнике . . . . .	155
Другие области применения платиновых металлов . . . . .	160
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .</b>	<b>164</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .</b>	<b>166</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА .

Семья благородных металлов невелика — она включает восемь химических элементов. Возглавляет ее древнейший металл человечества — золото; немного уступает ему по возрасту серебро. На протяжении тысячелетий эти металлы являлись всеобщим эквивалентом стоимости, а золото сохранило эту функцию и сегодня. Не случайно в сознании людей понятия «золото» и «деньги» укоренились как синонимы. Огромную популярность снискали золоту и серебру ювелирные изделия, история создания которых теряется на заре цивилизаций. Всего два с небольшим века назад к золоту и серебру присоединилась платина. Этот металл первым из семьи благородных был всерьез рассмотрен как материал для технических целей. И, наконец, мир был оповещен каскадом открытий металлов платины — палладия, родия, иридия, осмия, рутения.

Что объединяет эти, казалось бы, малопохожие по внешнему виду и по расположению в Периодической таблице Д. И. Менделеева металлы в одну группу? Основой для родства восьми металлов явилась их высокая химическая стойкость. Кроме того, золото, серебро и платина обладают хорошей пластичностью, а металлы платиновой группы — тугоплавкостью. Эти свойства позволили самым популярным и далеким от техники металлам — золоту и серебру (и, конечно, остальным шести металлам) — занять важное место в технике наших дней. Благородные металлы получили не только широкое применение в технике по количественным масштабам, их использование в современных машинах, аппаратах, процессах имеет широкий и подчас неожиданный для читателя диапазон.

Об этом написана книга «Благородные металлы служат человеку». Короткие экскурсии в историю, сведения о технике добычи, извлечения и металлургии благородных металлов существенно дополняют и обогащают эту книгу. Автору удалось собрать и с логической последовательностью уложить в текст большое количество занимательных фактов, исторических курьезов, полулегендарных рассказов — и это оживило книгу, придало ей четко выраженный научно-популярный характер.

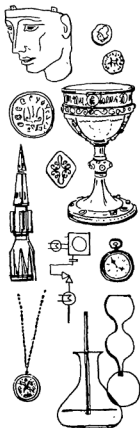
Несомненно, главное достоинство этой небольшой по объему книги — популярное изложение обширного и интересного, зачастую неизвестного читателю материала о благородных металлах, а о недостатках издания — предоставим судить читателю.

*Л. М. ГЕЙМАН,*  
*кандидат технических наук*

## ПЕРВЫЙ МЕТАЛЛ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

### МЕТАЛЛ КАМЕННОГО ВЕКА

Первобытный человек располагал более чем скромным набором материалов для борьбы за существование. Этими материалами были камень, дерево и кость. Для охоты применялись дубины и камни, позднее каменные топоры, молоты, ножи. Находка самородного желтого металла — золота — была неожиданной и неосознанной. Непохожий на другие камни по тяжести желтый камень блестел каким-то особым «не каменным» блеском, а главное, при сильном ударе не раскалывался. Эти особенные камни можно было легко расплющить, а попав в костер, они плавились, принимая причудливую форму. Так произошло первое знакомство человека с металлом. Человека поразили удивительные свойства нового материала: ему можно было придать любую форму и он сохранял при этом свою твердость. Однако изготавливать из него топоры или молоты не представлялось возможным: при ударе он легко деформировался. Зато легко было изготовить сосуды, фигурки, различные украшения. Появились первые золотые предметы культа. Тысячелетия спустя Карл Маркс в работе «К критике политической экономии» пи-



## ЗОЛОТО

сал: «Золото было в сущности первым металлом, который открыл человек»<sup>1</sup>. Желтые комочки металла, расплюснутые в пластины причудливой формы с успехом заменили первые украшения — разноцветные камни, а позже оказались незаменимым (с точки зрения каменной цивилизации) материалом для сосудов.

Всемогущие медь и железо — давшие свои имена двум громадной протяженности эпохам в истории человечества, металлы, явившиеся могучим катализатором развития земной цивилизации — пришли на службу человеку позднее — предшествовало им золото.

## ЗОЛОТО — ДЕНЬГИ

С незапамятных времен люди обменивались продуктами своего труда. С развитием цивилизации ассортимент товаров для обмена значительно возрастал: список обмениваемых материальных ценностей, состоявший некогда из мяса и шкур животных, примитивных орудий охоты и труда, удвоился, утроился и удесятерился. Возникла потребность в едином измерителе ценности, товаре, который не отказывались бы принимать обе заинтересованные в обмене стороны. Такой товар появился — шкуры различных животных, раковины, скот, бобы какао. Это были первые деньги. Их несовершенство выявилось довольно скоро. Оно состояло прежде всего в том, что такие деньги были неудобны в обращении, не обладали портативностью. Нужен был товар — посредник, всеобщий эквивалент, удобный в обращении, не вызывающий сомнений в своей ценности. Таким эквивалентом стал металл — золото. Его можно было отмеривать, отвешивать, дробить в соответствии с оценкой покупаемого продукта; любая его часть была такой же, как и другая, отличаясь только количеством. К тому же золото не изменялось с течением времени.

Добыть этот металл было не так-то просто. Зато в обмен на него можно было приобрести все что угодно: продукты, одежду, необходимые орудия труда, можно было даже заставить работать на себя другого человека. Скупиваясь в одних руках, золото становилось олицетворением богатства. «Первая функция золота состоит в том, чтобы доставить товарному миру материал для выражения

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. М., Госполитиздат, 1959, т. 13, с. 137.

стоимости, т. е. для того чтобы выразить стоимости товаров как одноименные величины, качественно одинаковые и количественно сравнимые. Оно функционирует, таким образом, как всеобщая мера стоимостей, и только в силу этой функции золото — этот специфический эквивалентный товар — становится деньгами», — такова четкая формулировка, данная золоту К. Марксом<sup>1</sup>.

Сегодня известно, что золото добывалось ассирийцами, вавилонянами, египтянами, греками, индусами и другими народами. Как показали исследования последних лет, древнейшие золотые копи находились на территории Африки (Нубия) и Индии. Древнегреческий историк Диодор Сицилийский, живший в I в. до н. э., так описывал картину этих разработок: «Здесь нет места снисхождению и пощаде по отношению к больным, хворым старикам, к женской слабости. Все должны работать, понуждаемые к этому ударами бича, и только смерть кладет конец их мучениям и нужде». Рабы отламывали куски золотоносной породы, дробили их в каменных ступах, истирали их жерновами ручных мельниц, после чего отмывали золотые крупины.

В опустошительных войнах древних народов государствам-победителям доставался скот побежденных, продукты питания, в рабство угонялись тысячи людей. Но прежде всего забиралось золото. Нередко побежденный в сражении владыка откупался от победителя золотом. Греческое сказание о походе аргонавтов в Колхиду за золотым руном есть не что иное, как отражение завоевательского набега греков, намеревавшихся овладеть золотом Кавказа, где добывали его с помощью бараньих шкур, разостланных по дну пересохшего русла золотоносной реки. Много легенд сложено о золоте скифов, а недоступность его для завоевателей древности породила сказание о страшных «стерегущих золото грифах».

Кровопролитные войны, разрушение городов, убийства — все это было почти всегда связано с жадностью получить золото. Римский ученый Плиний Старший, живший в I в. н. э., говоря о том, что золото принесло несчастье всему миру, горестно сожалел о тех временах, когда люди меняли одни предметы на другие без его посредства, когда ценность вещей определялась штуками рогатого скота.

<sup>1</sup> Маркс К. и Энгельс Ф., Соч., 2 изд., т. 23, с. 104.



## ЗОЛОТОЯ ГРАВЕЖ

Рубеж XV и XVI столетий знаменует эпоху великих географических открытий. Подвиги Колумба, Васко да Гама, Магеллана и сейчас вызывают восхищение. Но в этих путешествиях героика тесно переплеталась с алчностью. Испанских короля и королеву интересовало не столько открытие новых земель, сколько возможность получения золота. Открыватель Нового Света Колумб совершил несколько экспедиций, но так и не дал того, что обещал королю, — золото. Его, героя, привезли в Испанию в цепях.

Беспримерный для того времени поход Васко да Гама вокруг Африки в Индию сопровождался жестокостями по отношению к народам побежденных государств — португальскому королю нужно было золото.

«... золото было тем магическим словом, — говорит Ф. Энгельс, — которое гнало испанцев через Атлантический океан в Америку; золото — вот чего первым делом требовал белый, как только он ступал на вновь открытый берег»<sup>1</sup>. На американский континент ринулись искатели легкой наживы, всемерно поощряемые испанской короной. Им нужно было золото, которое они собирались добывать мечом и огнем. Именно о них сказал Маркс: «...разбой и грабеж — единственная цель испанских искателей приключений»<sup>2</sup>. Предводитель таких искателей приключений Ф. Кортес после варварского уничтожения им высокой культуры государства ацтеков стал национальным героем. Следом за Кортесом такой же алчный и вероломный Ф. Писарро опустошил государство инков, практически уничтожив древнюю цивилизацию.

В 1521 г. в Испанию хлынул поток награбленного Кортесом мексиканского золота. За неполное десятилетие его доставили около пяти тонн — цифра для средневековья немалая. После завоевания империи инков поступило около 15 т золота и 86 т серебра, а в следующее десятилетие 25 т золота и почти 180 т серебра. С 1551 по 1560 г. в Испанию из Америки было привезено почти 45 т золота и свыше 300 т серебра. За счет таких вливаний в экономику испанская казна богатела, могущество государства возраста-

<sup>1</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. 2 изд., т. 21, с. 408.

<sup>2</sup> Архив К. Маркса и Ф. Энгельса. М., Госполитиздат, 1940, т. 7, с. 100.

ло. Это происходило на фоне обнищания государств Европы, когда огромные суммы расходовались на устройство королевских дворцов, роскошных приемов, содержание наемных армий.

Морские разбойники, главным образом английские, подстерегали в океане испанские галеоны, груженные золотом и серебром. Лихие налеты пиратов на базы испанцев в Южной Америке также приносили им богатую добычу. Правительство Англии не только не пресекало их деятельность, но, напротив, поощряло и снаряжало их, ибо они ослабляли мощь Испании и основную часть добычи отдавали в королевскую казну. Так их и называли — «королевские пираты».

Золото потопленных испанских галеонов разыскивалось в течение столетий, и поиски эти продолжаются до сего времени.

## ПОИСКИ ЗОЛОТА

Постепенно золотой поток из Америки стал ослабевать. В Европу поступало все меньше и меньше драгоценного металла: у коренного населения было отнято все, что возможно. Золото начали искать в недрах вновь завоеванных территорий.

В конце XVII столетия были открыты богатейшие золотые россыпи в Бразилии. Добыча золота, осуществляемая в основном превращенными в рабов аборигенами этих мест — индейцами, резко возросла. Поиски драгоценного металла развернулись не только в Америке, но и в других частях света. Совершенствовались методы добычи, увеличивались объемы перерабатываемой руды или золотоносных песков. Если в XVIII столетии прирост золотодобычи не был столь заметным, то в XIX в. благодаря открытию новых месторождений и внедрению машин добыча драгоценного металла осуществлялась в больших масштабах.

В середине прошлого века мир потрясло открытие богатейших золотых россыпей в Калифорнии. Весть об этом разнесли по всему свету телеграф и газетные сообщения. На поиск золота в Калифорнию устремились тысячи людей со всех концов земного шара — мир охватила золотая лихорадка. Одна предприимчивая компания приступила к срочному строительству железной дороги через Панамский перешеек для переброски на западное побережье ис-

кателей счастья. Вскоре удалось обнаружить золото в Австралии. Интересно, что открыто оно было человеком, попытавшимся сначала искать счастье в Калифорнии. Харгривс был уроженцем Австралии. Прибыв в Калифорнию, он поразился сходству каменных золотоносных пород с породами гор его родины. Он вернулся в Австралию, чтобы искать золото там, и — нашел! Вновь устремились, уже в другой конец земного шара, люди самых различных национальностей.

Незадолго до этого золото было открыто на Аляске. Правительство царя Александра II в 1867 г. продало Соединенным Штатам Америки эту открытую и освоенную русскими землепроходцами территорию всего за 7 миллионов 200 тысяч долларов, а в 1897 г. только один пароход привез с Аляски золота на миллион, следующий же доставил его еще на два миллиона.

В 70-х годах XIX в. Англия, заплатив ничтожную сумму, захватила золотые прииски южноафриканской Оранжевой Республики. В конце прошлого века обнаружили месторождения золота в Трансваале, и Великобритания поспешила силой прибрать их к рукам.

## ЗОЛОТОЙ СТАНДАРТ

Организационно-юридическая структура капиталистических денежных систем, базирующихся на использовании золота как основного денежного металла, обычно именуется золотым стандартом. К нему пришло большинство развитых капиталистических стран в последней трети XIX столетия. В остальных странах, таких, как Китай, Абиссиния (Эфиопия), Персия (Иран), Афганистан и некоторые другие, основным валютным металлом было серебро.

Золотой стандарт и сейчас царствует в мировой экономике стран капитала. Золотых монет уже нет в обращении, но расплата золотом продолжается. В сейфах государственных банков хранятся слитки золота, и ими расплачиваются в международной торговле. Золотой запас во многом определяет собой экономику государства, и сокращение его резко отражается на международных расчетах.

Капиталистическое производство развивается крайне неравномерно, анархично. Время от времени оно поражается кризисом, и тогда падают в цене различные товары,

консервируются рудники, закрываются отдельные предприятия. Но единственный товар, спрос на который в таких случаях не падает, а, наоборот, возрастает — золото. Оно — мерило стоимости. Пройдет спад в той или иной области промышленности, можно снова будет налаживать какое-нибудь производство, и тогда нужен будет устойчивый капитал. Такой капитал — золото. Металлы, называемые стратегическими, — олово, вольфрам, молибден, никель, необходимые самой новейшей технике, могут резко упасть в цене; на биржах капиталистических стран будут продавать акции месторождений стратегического сырья, а спрос на золото только увеличится.

В период своего становления капитализм требовал свободной конкуренции и его интересам наиболее отвечала свободная циркуляция золота по всему миру. Но постепенно капитализм стал монополистическим с господством финансового капитала и финансовой олигархии. Использование золотой монеты на определенном этапе стало объектом государственного регулирования. В обращение стали входить бумажные деньги, которые первоначально могли быть обменены в банке на соответствующее количество золотой монеты. К моменту возникновения первой мировой войны государственные казначейства и центральные банки прекратили размен на золото банкнотов внутреннего обращения. Золотодобыча все время возрастала. Если в первой половине XIX в. среднегодовая мировая добыча не превышала 25 т, то во второй половине она составляла более 200 т и все же отставала от растущих потребностей. Это объяснялось стремлением различных держав сосредоточить золото в руках государства. Прекрасно отдавая себе отчет в неизбежности крупных военных конфликтов, буржуазные государства в мирное время старались накопить запасы золота, которые обеспечили бы возможность торговых операций вне зависимости от курса валюты. К началу второй мировой войны фактически все мировые запасы монетного золота оказались государственной собственностью соответствующих стран-владельцев. Единственной страной, которая сохранила относительную свободу купли и продажи золота, остались в то время Соединенные Штаты Америки. Фунты, франки и другую валюту европейские банки не обменивали на золотую монету, но выдавали за них доллары по существующему курсу. Таким образом, США стали международным центром торгов-

ли золотом, а доллар стал как бы международной валютной единицей. Но покупать золото казначейство США по официально установленной цене было обязано, а продавать только имело право.

Военная разруха, расшатавшаяся экономика, волна инфляции в большинстве европейских государств капиталистической системы полностью подорвали доверие к их валюте. Пресечь деятельность «черных» рынков золота большинство буржуазных правительств оказалось не в состоянии, и в ряде стран торговля золотом стала легальной. Первой страной, перешедшей к полноценному золотому обращению в эпоху становления золотого стандарта, была Великобритания. Лондон тогда оказался в центре пересечения международных золотых потоков. В последнее время Лондон снова стал международным рынком золота после 15-летнего перерыва. В 1960 г. английский банк оказался не в состоянии удовлетворить внезапно возросший спрос на золото, и его цена резко повысилась — до 40—42 долларов за унцию, тогда как официальная цена его в казначействе США — 35 долларов. Монополистические круги империалистических держав во главе с США вынуждены были искать пути противодействия рыночной стихии. С этой целью была создана международная организация «золотой пул», целью которой была стабилизация рыночных цен на золото путем совместных выступлений на лондонском рынке. Пришлось систематически продавать золото из государственных запасов стран — участниц «золотого пула». Обеспечение такой стабильности цен на золото обошлось очень дорого, и в 1968 г. «золотой пул» развалился. Особенно сильный удар эта организация получила в 1967 г., когда английское правительство девальвировало фунт стерлингов, и для поддержания цены золота только за месяц было продано 650 т этого металла, что вызвало панику не только в самой Великобритании, но и в ряде стран, имеющих с ней тесные экономические связи. «Золотая лихорадка» охватила на этот раз Лондон. Финансовые дельцы кинулись на Лондонскую биржу скупать золото. Оживились контрабандисты; они занялись перевозкой золота туда, где за него стали дороже платить. А в марте 1968 г. нарастающее недоверие к доллару привело к новой «золотой панике» и только за две недели пришлось продать 770 т золота.

## РУССКОЕ ЗОЛОТО

### ПЕРВЫЕ ПОИСКИ И УКАЗ ПЕТРА

Золото на Руси в течение многих веков было привозное. И хотя передавались древние сказания о золоте скифов, но где его искать, никто не знал. Многие земли, на которых впоследствии нашли золото, были тогда совершенно не обжиты.

Первые сообщения о русском золоте относятся к 1600 г., когда была начата добыча этого металла в устье реки Онеги. Лишь через 50 лет после этого внимание царя Алексея Михайловича на возможность добывать золото в недрах русской земли обратил новгородский митрополит Никон. Грамота царя предписывала обследовать гору Золотуху и доставить в Москву образцы драгоценного металла; каковы были результаты — неизвестно. Петр I в период войны со шведами, конечно, очень остро ощущал недостаток в деньгах. Его указ о пополнении запасов золота и серебра и о сыске руд в Московском государстве, изданный в 1700 г., дал результат лишь в деле добычи железных и медных руд.

В 1713 г. купец Трушников писал царю, что кочевые народы в Киргизской степи «моют золото из речного песку» и в доказательство прислал мешочек с таким песком. В 1715 г. направили экспедицию из горных мастеров с инструментами на проведение разведки золота в бассейне Амударьи. Путь был далекий и небезопасный, а поэтому экспедиция шла в сопровождении вооруженного пушками отряда. Отряд вскоре был осажден десяти тысячной армией калмыков и через три месяца вернулся ни с чем. Вторая попытка этого отряда также ни к чему не привела. Край этот тогда так и остался недостижимым. В 1719 г. русский посланник Беневени по поручению царя выведал и сообщил Петру, что в притоке Амударьи Геокче действительно добывают золото с помощью бараньих шкур.

В 1719 г. Петр I издал указ, в котором в категорической форме возвещалось: «соизволяется всем и каждому во всех местах, как на собственных, так и на чужих землях, искать, плавить, варить и чистить всякие металлы, минералы, земли и каменья: если владелец не имеет сам охоты строить завод, то принужден будет терпеть, что

другие в его землях руду и минералы искать, копать и перерабатывать будут; от рудокопных же заводов и прилежного устройства оных земля обогатится и процветет, и пустые безлюдные места многолюдством населятся». Легко представить себе, как не по душе был такой указ вельможам, владеющим обширными землями: какой-нибудь пришелец будет копать на «его вотчине» и не могн ему препятствовать, потому — царская воля! После смерти Петра его указы остались в силе.

В 1737 г. на берегу Выг-Озера крестьянин Тарас Антонов обнаружил кусочки жильного золота. В 1742 г. там организовали рудник и вели разработку медной руды, но не золота. Рудокопам попадались в породе блестящие крупинки, но они считали их желтой самородной медью. Случайно на руднике оказался человек, умеющий распознать драгоценный металл, и он-то известил о находках золота Московскую Берг-Контору. Оттуда немедленно сообщили в Петербург. В ноябре же 1744 г. императрице Елизавете предъявили образец воицкой золотой руды, после чего по ее указу в 1745 г. начались у Выг-Озера разработки золота. Продолжались они с перерывами до 1794 г., но трудность добычи, бедность руд заставили в конце концов этот рудник закрыть. За все время работы рудника у Выг-Озера добыли на нем лишь 74 кг золота, но это был первый отечественный драгоценный металл.

Началом золотой промышленности России считают открытие в 1745 г. крестьянином деревни Шарташ под Екатеринбургом (ныне Свердловск) Ерофеем Марковым Березовского месторождения.

В 1764 г. в Екатеринбурге в горную канцелярию явился приписной крестьянин завода Демидовых Алексей Федоров с сообщением, что на даче своих хозяев им найдена золотоносная руда. Указ Петра I сохранял силу, но канцелярия не рискнула испортить отношения с некоронованными королями Урала и положила заявку Федорова под сукно. Федоров же нашел пути известить о своей находке в Петербург. Тем временем Прокофий Демидов продал купцу Савве Собакину завод и прилегающие к нему земли. Новый хозяин был обеспокоен известием о заявке Федорова. Подтверждение ее могло вызвать предписание о передаче золотоносных земель казне. Подручные Собакина схватили заявителя на Ирбитской ярмарке

и бросили в тайный подвал Невьянской башни. Узник был освобожден лишь в 1797 г. и пережил своего палача на 13 лет.

Такой произвол, несомненно, задерживал дело «сыска металлов и минералов», к которому призывал покойный Петр I. После долгих и усердных хлопот землевладельцы добились нового царского указа в 1782 г., который не только не поощрял, но запрещал свободную добычу металлов, в том числе и золота. Это затормозило развитие золотой промышленности России.

## ЗОЛОТО УРАЛА И СИБИРИ

Открытие уральских золотых россыпей относится к 1771 г., но фактическая разработка их началась лишь в 1814 г. Разорение, вызванное наполеоновским нашествием, привело к тому, что русский рынок наводнился бумажными деньгами (ассигнациями), которых было выпущено на 600 миллионов рублей. Цена этих ассигнаций, естественно, резко пала, их брали очень неохотно. Чтобы оздоровить денежное обращение, правительство решило перейти на металлическую валюту. Новые ассигнации обеспечивались запасами казначейства и могли обмениваться при желании их держателя на серебро. Потребовались большие запасы драгоценного металла, почему особое внимание необходимо было уделить его добыче. Никакого успеха в этом при сохранении запрета свободной добычи достичь было невозможно, и поэтому в 1826 г. запрет решили отменить. Такое решение немедленно принесло свои плоды. Первым, кто воспользовался поощрительными мерами правительства, был купец Федот Попов. Прослышав, что у северо-восточного склона Алтайских гор беглый каторжник Егор Лесной тайно добывал золото, купец разыскал вдову Егора и выведал у нее заветное место. Попов организовал разработку первой золотой россыпи Сибири. В Сибирь на поиски золота устремились старатели, вслед за ними предприимчивые купцы, которые не только скупали намытое золото, но и создавали прииски. В 1823 г. нашли золото в Горной Шории и Мариинской тайге. В 30-х годах его стали добывать на Алтае и в Забайкалье. В 40-х годах развернулась добыча золота в Баргузинской тайге и на территории современного Казахстана. Вскоре Россия вышла на первое место





в мире по добыче золота. В этот период были открыты первые месторождения золота в Приморье, однако основным его поставщиком в России продолжал оставаться Урал, где золотые россыпи были раскинуты почти на всем протяжении хребта — от бассейна реки Сосьвы на севере до Мугоджарских гор на юге.

## ЛЕНСКОЕ ЗОЛОТО

Богатейшие россыпи в районе впадающих в Лену рек Олекмы и Витима были открыты в 1843 г. разведывательной партией купца Герасимова. Через три года после этого в том же районе открыли золото и на реке Хомолхо. Спустя почти двадцать лет, в 1861 г., в районе реки Бодайбо были открыты богатейшие золотые россыпи. В «дело» добычи ленского золота стали вкладываться крупные капиталы. Организовавшиеся «Ленское товарищество» и «Компания промышленности» эксплуатировали недра золотоносного района вплоть до конца XIX столетия. Затем к ленскому золоту потянулись английские банкиры в лице компании «Лена Голдфилдс». «Ленское товарищество» реорганизовалось в «Ленское золотопромышленное на паях товарищество» или, как его называли сокращенно, «Лензото». Эта организация, состоявшая из крупных хищников-золотопромышленников, с помощью государственного банка и «высочайшего покровительства» стала хозяином всех ленских приисков, которых на площади в 38 тысяч десятин насчитывалось уже 432. Золото было «сумасшедшим»: добыча только одного прииска дала за 5 лет 8 т золота. «Лензото» было одним из крупнейших золотодобывающих предприятий мира. Его акционерами состояли многие царские министры и даже сама вдовствующая императрица Мария Федоровна. При таком положении «Лензото» превратилось в золотую державу Сибири. Вся Восточная Сибирь находилась в руках «Лензото», и оно устанавливало везде свои порядки с варварской разработкой недр и чудовищной эксплуатацией рабочих. Невыносимые жизненные условия и постоянное издевательство администрации заставило рабочих ленских приисков объявить в 1912 г. забастовку. Последовавшая за этим кровавая расправа — Ленский расстрел — вызвал негодование прогрессивной общественности России и всего мира.

Как подсчитали экономисты, с 1744 по 1916 г. в России было добыто 2752 т золота. Добыча непрерывно росла. Наибольшее количество золота в царской России было добыто в 1910 г. — 62,15 т.

## ЗОЛОТАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗА РУБЕЖОМ

### КОНКИСТАДОРЫ XX ВЕКА

Колоссальные потрясения, которые пришлось пережить людям в период последней мировой войны, сказались, конечно, и на добыче драгоценного металла и на его движении. Прежде чем говорить о современном состоянии золотой промышленности, оглянемся немного назад — на предвоенные и военные годы.

Во всех банках и казначействах капиталистического мира к середине 1938 г. находилось золота на сумму около 24 миллиардов долларов, или около 20000 т, причем более половины сосредоточивалось в США.

Гитлеровское нападение на Австрию повлекло за собой отлив капиталов из Европы в США. Мюнхенское соглашение показало всему миру, что фашистская Германия готова обрушиться всей своей мощью на соседние с ней страны. Из Бельгии, Голландии, Дании и других малых стран золото спешно вывозилось в Америку. Не только для того, чтобы спасти его от грабителей, но и в качестве уплаты за необходимое вооружение. Приток «нервных» капиталов в США особенно увеличивался в связи с ясными намерениями Гитлера захватить Чехословакию. После вступления немецких войск в Прагу усилился отлив золота и из Великобритании. На первый взгляд покажется странным, что золотой запас французского банка в этот период возрос. Реакционное французское правительство тех лет это обстоятельство на все лады восхваляло, как результат своей «мудрой» финансовой политики. На самом же деле это был тот же «нервный» капитал: французская буржуазия имела много вкладов в банках Великобритании, Голландии, Швейцарии, Бельгии, и, когда над континентом нависли тучи, она поторопилась эти вклады перевести к себе поближе.

Вступив в войну, фашистская Германия не располагала значительными запасами золота, и ее печать вела широкую «антизолотую» пропаганду; фашисты развивали

«теорию» о том, что золото потеряло свое значение всеобщих денег, что золотой стандарт рухнул. Все финансовые расчеты, по словам немецких экономистов, в «Новой Европе» будут вестись на германские марки, и золото, как посредник операций, становится совершенно излишним. И в то же время та же фашистская печать огорчалась «безрассудством» Соединенных Штатов, рекомендовала им отвести от себя золотой поток теми или иными мерами, а европейские страны уверялись немецкими экономистами в том, что они совершают роковую ошибку, ибо только под защитой Германии золото находится в самой большой безопасности. Действия фашистов были прямо противоположными тому, что пропагандировала их печать. Они сопровождалась ожесточеннейшей борьбой за золото. В Австрии немецкие войска захватили золотой запас государственного банка в 46 миллионов долларов. Золотой запас польского банка был своевременно вывезен через Румынию в Марсель, и фашисты опоздали его захватить. В первый же день нападения на Норвегию фашисты захватили часть запаса в 94 миллиона долларов. Некоторое количество золота было вывезено из банка под самым носом вступающих в Осло немецких войск, как указывала впоследствии одна из газет, детьми на саночках. Голландия при немецком нашествии потеряла только десятую часть своего золотого запаса, а Бельгия всего 5%. «Антизолотая» пропаганда захлебывалась от восхищения, излагая «идею» краха золотого стандарта, а тем временем фашисты отнимали золото у населения, реквизировали церковные ценности, обдирали позолоченные купола, не говоря уже о косвенном ограблении с помощью принудительного курса немецкой марки. Захваченные доллары и фунты стерлингов обменивались в Испании, Португалии и Шанхае на полновесное золото.

### *Добыча золота во время войны*

Перед началом войны и в первые 16 месяцев союзникам и прежде всего Великобритании многочисленные поставки приходилось оплачивать непосредственно золотом. И к началу 1941 г. золотой запас Великобритании был близок к истощению. Естественно, что приток золота из месторождений был жизненно необходим. Это, конечно, стимулировало определенный подъем золотодобычи. При-

рост добычи золота во владениях Британской империи того времени за 18 месяцев войны оценивался примерно в 100 миллионов долларов. Аналогичная картина наблюдалась и в США. Однако с развитием военных событий золотодобыча стала падать. Основной причиной этому было отвлечение рабочей силы и материалов, необходимых для нужд обороны. В США в 1941 г. материалы, необходимые золотопромышленности, отпускались по строгому регламенту, что привело к консервации ряда рудников. Во второй половине 1942 г. по указанным причинам в США, Канаде и Австралии добыча прекратилась совершенно. Южная Африка в 1940 г. добыла 437 т, а в 1943 г. только 398 т. Помимо этих основных причин, в Южной Африке на сокращение золотодобычи в определенной мере оказывали влияние и некоторые другие факторы: фиксация Великобританией приемочной цены золота, повышение норм обложения (с 9 до 20% от валовой прибыли) и в какой-то степени гитлеровская «анти-золотая» пропаганда, провозглашавшая потерю золотом своего значения. Падение добычи золота продолжалось и в первые годы по окончании войны, хотя и одновременно в различных государствах. В Австралии, например, наименьшая добыча была зафиксирована в 1944 и 1945 годах — по 20 т и лишь в следующие годы начала расти (26 т). В США также наименьшая цифра 29 т для 1945 г. и 46 т для 1946 г. В Канаде 84 т для 1945 г. и 88 т для 1946 г. В Южной Африке же 1945 г. дал 380 т, 1946 — 371 т, 1947—348 т и лишь после этого добыча стала расти. Цифры добычи последних лет несравнимы: 969,3 т в 1968 г. и 972,8 т в 1969 г. Канада почти удвоила приведенные для первых послевоенных лет цифры добычи золота, после чего там наблюдается регулярное снижение: в 1960 г. — 144, в 1968—85,3, в 1969—77,8 т.

### *Зарубежные месторождения*

Открытие золотых россыпей Калифорнии, Аляски, Австралии, Южной Африки в течение всего XIX в. вызывало небывалый приток переселенцев из различных частей земного шара. Что же сейчас представляют из себя месторождения Аляски, Калифорнии и другие им подобные кладовые золота. Золотые россыпи Юкона и Клондайка почти полностью выработаны. Уже в 1948 г. в Канаде

был издан специальный закон о государственной дотации предприятиям, разрабатывающим бедные месторождения. Золотая слава Аляски угасла. В Калифорнии, где впервые вспыхнула золотая лихорадка, разработка россышей продолжается и сейчас. Но это уже не «сумасшедшее» золото. Это золото бедных песков, добываемое дражным способом. В значительной мере выработаны и месторождения Австралии. Можно, пожалуй, было бы сказать, что время золотых россышей миновало. Основой золотой промышленности наших дней стали коренные месторождения — рудное золото. Для его добычи приходится вести буровую разведку на больших глубинах, проникая через самые твердые породы. Алмазные и твердосплавные коронки в поисках золота углубляются на сотни и тысячи метров от поверхности. Перед войной в Южной Африке золото добывалось с глубины около 2 тыс. м, а в 1971 г. глубина самой глубокой шахты достигла 4300 м. Первое место по золотодобыче в капиталистических странах принадлежит коренным месторождениям Южно-Африканской Республики. За десятилетие (1951—1960 гг.) там было добыто 4800 т золота, что составляло 55% всей добычи капиталистических стран. На втором месте Канада, но дистанция между добычей Южной Африки и Канады огромна. За этот же период в Канаде было извлечено лишь 1400 т драгоценного металла, или 16% мировой добычи. В США за это время добыли всего 600 т, а в Австралии — даже вдвое меньше (300 т). Все остальные капиталистические страны в сумме добыли за то же время 1600 т — чуть больше Канады.

Следует заметить, что все более возрастает удельный вес добычи золота в качестве попутного компонента из комплексных руд. В Канаде, например, 13—15% всего добытого золота получают при переработке сульфидных руд цветных металлов, а в США доля такого золота достигает 40%. В Южно-Африканской Республике немалые количества золота получают в качестве побочного продукта при разработке урановых руд.

За последние учтенные 9 лет (1961—1969 гг.) добыча ЮАР составила 79,5% всей добычи капиталистических стран: 8076,9 т. Как ЮАР, так и Гана и Родезия, а также Австралия почти все добываемое ими золото вывозят, тогда как США и Великобритания являются основными его покупателями.

## ПОПЫТКИ СДЕЛАТЬ ЗОЛОТО

### СВЯЩЕННОЕ ИСКУССТВО

В Древнем Египте производство всех металлов было окружено глубокой тайной. Описания процессов добычи и выплавки металлов существовали, но сообщалось в них общезвестное: в тонкости «технологии» были посвящены только избранные. В наибольшей степени это касалось золота. Никто, кроме посвященных, не должен был знать, как можно получить «божественный» металл. Засекреченность процесса была поразительной: продукт химической очистки золота (для этого золотой песок несколько дней нагревали в закрытых горшках с плавнями — свинцом, солью, оловом, отрубями), называвшийся «хюме», хранили в тайниках. Во главе производства стояли родственники или приближенные фараонов, но они могли быть только администраторами. Техническое руководство осуществлялось жрецами.

Храмы в Египте были не только местами совершения религиозных обрядов. Это были своего рода «научные центры»: при храмах находились музеи и лаборатории, там же обучали инженерному мастерству. Знания о свойствах металлов, накопленные жрецами, составляли «священное искусство» Египта.

Но настало время, когда некогда могущественное государство потерпело поражение: в 718 г. до н. э. в Египет хлынули эфиопские войска. Эфиопского царя особенно привлекало египетское золото, и он его получил, но только простым грабежом: добывать его из египетской золотоносной земли эфиопы не умели...

Прошло еще 200 лет. В Египет ворвались мидяне и персы. Завоеватели заняли рудники, но ... не смогли их эксплуатировать: у них не хватало знаний. Египетские жрецы были в руках у победителей, но узнать у них тайны «священного искусства» не удалось: секреты умирали вместе со своими хранителями.

### НАЧАЛО ВЕЛИКОГО ЗАБЛУЖДЕНИЯ

В 331 г. до н. э. Александр Македонский основал на африканском побережье Средиземного моря город Александрию, ставший вскоре центром научной мысли. От юве-

лиров ученые узнали о способах изготовления различных сплавов. Но наблюдая, как из двух металлов получается сплав, обладающий новыми, подчас неожиданными свойствами, философы сделали роковую ошибку — пришли к выводу, что металлы могут превращаться один в другой. Эта мысль увлекла философов, и в своих учениях они всячески развивали ее. Коль скоро материи могут быть приданы различные свойства, то, считали они, возможно придать ей и те свойства, которые имеет золото. Материи, например, можно придать свойства хлеба, которых не имеет мука; вероятно, возможно найти такое вещество, которое может обращаться в золото точно так же, как мука превращается в хлеб или камень (железная руда) в железо. Если отнестись снисходительно к ученым тех далеких времен, то нельзя им отказать в логичности рассуждения или последовательности мышления.

Как уже говорилось, продукт переработки золота египтяне называли «хюме». Отсюда, надо полагать, произошло и название искусства изготовлять металлы — «хюмейя», а люди, занятые этим делом, стали называться «хюмейтис». Так во втором веке нашей эры вошло в обиход слово «химия».

Философы древности писали очень много сочинений о превращениях металлов. Особенно популярными были различные «откровения», которые приписывались греческим или египетским богам, например Гермесу, Тоту, Изиде, Осирису. Уже в V в. н. э. философ Зосима писал, что «священное искусство» возникло не путем размышления, наблюдения и труда человека, а имеет неземное происхождение: из любви к земным женщинам боги открыли людям тайну изготовления золота и серебра. Ссылались и на «сочинения» смертных. Естественно, что и в этом случае никаких подлинников никогда не существовало. Химию все больше и больше окутывал мистический туман. Практические результаты связывались с волей богов, с расположением небесных светил и т. д.

Насколько тверда была тогда уверенность в возможности искусственного получения золота, можно видеть из того, что знаменитый римский ученый Плиний в своей многотомной «Естественной истории» говорит, что золото можно получить из камня «опермента». Жадный к богатствам император Калигула сжег колоссальные количества этого минерала и, конечно, ничего не получил. Пли-

ний, правда, проявил здесь уверенность, что золото может быть подобным другому металлу в руде. В заблуждение ввел его яркий золотистый цвет минерала, который, являясь мышьяковистым соединением (аурипигмент), к золоту никакого отношения не имеет. Хотя Плиний ошибся сам, да еще и был неверно понят, но его утверждение было большим предвидением. В наше время известны не только чистое золото, но и некоторые его природные химические соединения (с теллуrom, с селеном).

В конце III в. н. э. египтяне восстали против Рима. Бывший в то время у власти император Диоклетиан жестоко подавил восстание. Опасаясь, что в будущем среди египтян снова может вспыхнуть возмущение, он решил предотвратить эту возможность. Египтяне, — рассуждал он, — владеют искусством превращения неблагородных металлов в золото и серебро; используя свои знания, они могут умножить свои богатства и, располагая деньгами, добиться в восстании успеха. Секреты этого искусства записаны в книгах. Надо сжечь книги и тем самым лишить египтян возможности разбогатеть. По приказу императора было уничтожено множество древних книг...

В 529 г. император Юстиниан, продолжая «традиции» своих свирепых предшественников, запретил всякие занятия химией, объявив ее «черной магией» и «богопротивном делом».

## РАСЦВЕТ АЛХИМИИ

Все северное побережье Африки и Испанию в VII—VIII вв. н. э. завоевали арабы. К ученым арабы относились с большим уважением. Чернила ученого, — говорили они, — столь же достойны уважения, как и кровь мученика; рай столько же существует для тех, кто хорошо владеет пером, сколько для тех, кто пал от меча. Арабы добавили к слову «химия» приставку «ал», и с того времени она стала известна как «алхимия». Никакого скрытого смысла в этой приставке нет, это то же, что дер, ди, дас в немецком языке или ле и ля во французском.

Среди алхимиков прочно укоренилось представление о золоте как о «совершенном» металле. Природа стремится к совершенству, — рассуждали они, — продукт этого стремления — золото. В некоторых случаях какие-то при-



чины помешали довести до конца создание золота, и тогда получились неблагородные металлы. Ученый в своей лаборатории должен завершить не оконченное природой дело, довести неблагородные металлы до совершенства и превратить их в золото.

Постепенно сложилось убеждение, что для того, чтобы осуществить чудодейственное превращение, нужно воспользоваться особым веществом — «философским камнем». На отыскание этого способа и направились усилия алхимиков. Кстати, почему «философский»? В те далекие времена понятие «философ» было синонимом понятия «ученый». В 1680 г., например (уже значительно позже описываемого времени), ученый И. Бехер получил пламя светильного газа и назвал его «философским светом» в знак того, что свет открыт человеком ученым. Так что понятие «философский камень» означало средство, вещество для превращения металлов, полученное учеными. Как уже сказано, научные данные того времени переплетались с самой безудержной мистикой. В результате этого мифический «философский камень» стали наделять и другими замечательными свойствами: способностью продлить жизнь, исцелять от болезней и даже давать бессмертие, стали называть его также эликсиром или панацеей.

Надо заметить, что в адрес алхимиков, поглощенных розыском философского камня, направлялись и критические замечания. Великий таджикский ученый X—XI вв. Абу али ибн Сина, или Авиценна, создал классификацию наук и стремился возродить интерес к изучению природы, оживить исследовательскую творческую мысль, задавленную тогда гнетом богословия. Он критически переработал достижения предшествующей ему науки и привел в систему современные ему знания. В арабском мире его называли «шейхом науки». Важнейшие сочинения ученого «Медицинский канон» и «Книга исцелений» переводились неоднократно и изучались как в его время, так и не одно столетие спустя. «Канон», например, выдержал 30 изданий. Но что сказал этот ученый о превращении металлов? «Книга исцелений» передавала его взгляды на состав и образование металлов и минералов; в ней он высказался вполне определенно: «Возможность превращать металлы один в другой никогда не была ясна для меня. Наоборот, я считаю это невозможным, так

как нет путей для перевода одного металлического тела в другое».

Охваченные стремлением найти путь к отысканию способа изготавливать золото, европейские алхимики не захотели прислушаться к голосу Авиценны. Разве непогрешим и не может ошибаться Авиценна? Разве великие Гебер и Разес не считали возможным превращение металлов?

Алхимикам казалось, что легче всего превратить в золото ртуть и свинец — металлы с высоким удельным весом. Алхимик XIII в. Р. Лулл хвастливо восклицал перед изумленными слушателями: «Если бы море было из ртути, я превратил бы его в золото!». А в XV столетии алхимик Д. Риплей написал сочинение «Книга 12 дверей», названное так потому, что в нем давался рецепт приготовления «философского камня», предусматривающий 12 операций. Нет нужды говорить, что ни один из таких «рецептов» не оправдал возложенных на него надежд. Появилось множество шарлатанов, выдававших себя за ученых. Бурный успех таких «золотых дел проходимцев» объяснялся тем, что владетельные особы — князья, курфюрсты, короли — надеялись с их помощью пополнить свою истощенную казну. Но разоблачение следовало за разоблачением, и вскоре слово «алхимия» стало в какой-то мере синонимом жульничества. И все же, несмотря ни на что, вера в чудодейственный «философский камень» жила еще очень и очень долго.

## НА ПЕРЕПУТЬЕ

В XVI столетии в Европе прославился своими работами профессор Базельского университета Парацельс. Он рассматривал человеческий организм как химическую лабораторию, а болезнь — как нарушение деятельности такой лаборатории. Парацельс не вступил в открытую борьбу с алхимиками, но утверждал, что целью химии должно быть не превращение неблагородных металлов в золото, а отыскание лекарств. С Парацельса начался период так называемой ятрохимии — химии медицинской, фармацевтической.

В 1666 г. была основана Французская академия наук. Один из ее членов Н. Лемери, обладая глубокими познаниями в области химии, был в то же время и замечатель-

ным популяризатором. Отбросив все туманные и запутанные высказывания предшествующих ученых, он читал свои лекции не на латинском, а на французском языке. Химия, — говорил он, — так полезна, что нужно стараться сделать ее более ясной, чем она была до сих пор. Желая подвести черту под неудачными попытками превращения металлов, Лемери писал: «Жадность, которая во все времена была свойственна людям, заставляла алхимиков отыскивать средство делать золото». И далее: «Алхимия — это искусство без искусства, она вначале лжет, в середине работает и кончает нищетой!» Можно было подумать, что алхимии пришел конец. «Научные» сообщения алхимиков после этого всерьез нигде не принимались. Тем не менее алхимики не оставляли своей идеи, не так-то легко было отказаться от многовековой мечты.

В конце XVIII столетия известный английский ученый Д. Прис продемонстрировал перед лондонской публикой несколько «превращений» и напечатал отчет о своих опытах, подтвержденный свидетельством многих знатных особ. Английский король не удержался от соблазна и пожелал приобрести изготовленные Присом золотые слитки. Прис был членом Лондонского Королевского общества (английская Академия наук). Можно себе представить, какой переполох произвело это сообщение: один из членов общества в своих работах показывает совершенно противоположное тому, что как очевидное отстаивает само общество! Приса вызвали и предложили повторить свои опыты перед специально избранной ученой комиссией. Прис пытался уклониться от публичной демонстрации, говоря, что израсходовал весь запас философского камня. Но ученые настаивали, и ему пришлось приняться за дело. Ничего путного, конечно, из его опытов не вышло. Все друзья и собратья по обществу с презрением отвернулись от ученого, которого тщеславие заставило погрешить против истины. Отвергнутый всеми, Прис отравился.

Но не только в XVIII, но и в XIX столетии в различных городах Европы продолжали существовать различные общества алхимиков. В Вестфалии, например, в 1790 г. организовалось обширное «Герметическое общество» (от имени бога Гермеса), которое просуществовало вплоть до 1819 г. Члены таких обществ отнюдь не собирались мошенничать. Они продолжали с жаром отстаивать

идею превращения металлов, называя ее «великим делом», и приводили ряд «примеров» из истории. Р. Лулл, — утверждали они, — несомненно, умел делать золото: когда он был в плену у английского короля Эдуарда III, то изготовил для него золота на шесть миллионов фунтов.

Алхимики XIX в. уже не скрывались за магические нелепости. Наоборот, они привлекали на помощь все достижения современной им химии. В 1854 г. такая же скандальная история, как и с Присом, произошла во Франции. Химик Т. Тиффери отважился представить во Французскую академию наук изложение своих научных воззрений на превращение металлов и средств, с помощью которых можно это осуществить; он утверждал, что имеет уже опыт в этом, и даже представил образцы благородных металлов. Он так же, как и Прис, потерпел провал при испытании в лаборатории, но скорее всего он был сам введен в заблуждение: в серебре, доставленном ему из Америки, были примеси золота, которые он принял за новообразованное.

В 1868 г. великим Менделеевым был открыт периодический закон, позволяющий не только привести в систему все известные химические элементы, но даже предсказать заранее открытие элементов с определенными свойствами. Стало ясно, что обычными химическими методами нельзя один металл превратить в другой. И все же опять-таки нашелся ученый, который стал отыскивать способ искусственного получения золота. В 1897 г. в печати появилось сенсационное известие: американский химик Эмманс приготовил из серебра золото! Для того чтобы отличить его от природного, Эмманс назвал его «аргентаурум» («аргентум» — серебро, «аурум» — золото). По этому волнующему вопросу обратились к Д. И. Менделееву. Тот сообщил, что не может стать на точку зрения алхимиков и г. Эмманса и советует не доверять подобным слухам: такое получение золота из серебра невозможно, так как элементы эти слишком далеко отстоят друг от друга по своим атомным весам. Бюро проб США закупило у Эмманса слиток весом в 240 граммов. Тщательный анализ установил, что аргентаурум оправдывает свое название: это сплав золота (65,8%) и серебра (26%).

Чисто спекулятивным было, конечно, и сообщение о получении золота из неблагородных металлов с помощью ... рентгеновских лучей.

## АЛХИМИЯ НАШИХ ДНЕЙ

В 1898 г. было открыто явление радиоактивности. Новый химический элемент — радий самопроизвольно распадался и переходил в другой элемент. В 1919 г. Резерфорд удалось из азота получить кислород. Таким образом экспериментально была доказана возможность превращения одних элементов в другие. Вековое понятие об атоме как о чем-то неделимом, пришлось пересмотреть. Все эти достижения привели к неожиданному результату: многие серьезные ученые опять задумались над тем, как бы получить золото из какого-либо «неблагородного» металла. Странное дело: оказалось, что металлы, из которых алхимики пытались получить золото (ртуть, свинец), действительно наиболее подходящи для этой цели, так как их атомные веса немногим отличаются от атомного веса золота.

В 1924 г. новое сообщение взволновало мир: профессор Мите при работе с ртутно-кварцевой лампой обнаружил в ней следы золота! Мало кто из ученых поверил этому сообщению. За проверку опытов Мите взялся японский ученый Нагоака, он провел тщательное исследование и... подтвердил сообщение Мите! Алхимия, казалось бы, торжествовала победу! Тогда крупные технические лаборатории и общества взялись за повторную проверку опытов Мите и Нагоака: шутка ли — получить из ртути золото! Но проверка установила, что обнаруженное золото никакого отношения к ртути не имело. Ученые были введены в заблуждение чрезвычайной чувствительностью современных методов анализа. Достаточно было ученому работать в очках с золотой оправой, как в ртути кварцевой лампы обнаруживали следы золота.

Можно ли все-таки получить золото из других элементов? Современная наука говорит: можно! Только это не имеет никакого смысла: затраты на превращение были бы слишком велики. Как говорится, овчинка выделки не стоит....

Значение идеи превращения элементов вышло за прежние рамки, и «алхимические» методы современная наука использует для более важных проблем. Нептуний, плутоний и еще двенадцать тяжелых «братьев» урана, о которых ранее ничего известно не было, получены именно таким путем.

Но что же алхимики, можем ли мы относиться к ним с прежним насмешливым сожалением? Как видно из этого, очень краткого изложения, алхимики вовсе не были сумасбродами и мажниками. Говоря об их заблуждениях, мы нередко забываем, что только их трудами воспользовалась классическая химия. Ведь серная и азотная кислоты, царская водка, нашатырь, цинк, сурьма, фосфор и сотни, если не тысячи, других химических веществ открыты алхимиками. Это был титанический самоотверженный труд, которому необходимо было еще и очищаться от деяний всевозможных шарлатанов и сохранить себя от зоркого ока и неотвратимой жесткой руки церкви. Когда некоторые алхимики подписывали свои сочинения именем Гебера, то они отнюдь не преследовали достижения личной славы или богатства, они лишь хотели внимания к своей идее. Они не могли достигнуть исполнения своей мечты — получения золота, им не хватало для этого тех знаний и аппаратуры, которыми располагает современная физика. Алхимики наивно (с нашей точки зрения) полагали, что металлы зарождает в земле солнце. А разве великий Тимирязев не называл себя солнцепоклонником? Разве наша наука не утверждает в настоящее время, что все виды существующей на земле энергии это не что иное, как трансформированная энергия солнца? С тем научным багажом, которым располагали алхимики, они, конечно, не могли достигнуть своей цели, но цель эта вовсе не оказалась недостижимой. Они придавали этой цели значение большее, чем значение того, чего они достигли в своей самоотверженной работе, они пытались, может быть бессознательно, перепрыгнуть века, и это их величайшая трагедия. Лучшее всех, нам кажется, выразил это в своих словах отец агрохимии Юстус Либих: «Алхимия никогда ничем не отличалась от химии».

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА

### ПРОМЫВКА РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Как могло случиться, что Россия, так быстро завоевавшая по золотодобыче 1-е место в мире, очень скоро была оттеснена на 7-е? Этому способствовало, конечно, прежде всего открытие богатых месторождений в Кали-

форнии, на Аляске, в Австралии, Ю. Африке. Но существует еще одна, весьма немаловажная причина — примитивность способов добычи драгоценного металла. Индивидуальная добыча повсеместно (не только в России) основывалась на фарте — удаче. В тайге или горах, по руслам рек бродили старатели, разыскивая признаки россыпного золота. Когда поиски увенчивались успехом, то добыча производилась промывкой песка в ручных «колыбельках» или лотках. Кайло, лопата и лоток, в лучшем случае примитивный снаряд вапшерд или, как называли его «проходнушка», представляющий собой небольшой переносный грохот, — вот все снаряжение старателя. Естественно, что пользование такими инструментами могло оправдать себя лишь там, где золото щедро разбросано природой.

Золото может быть рудным и россыпным. Первое представляет собой вкрапины в твердой горной породе, в большинстве случаев в кварце. Второе же — свободные золотины в песке или другой легко отмываемой массе. Оно располагается, как правило, в руслах рек и ключей. Его-то прежде всего и добывали старатели. Однако золотая россыпь может и не находиться на поверхности, поверх нее нередко бывают довольно мощные наслоения не содержащих золота песков, так называемые торфа. Для того чтобы добраться до золота, необходимо провести вскрышу торфов или углубиться до золотоносного горизонта и добывать металл шахтным способом. Такие работы были уже не под силу старателям. Самое большое, что могла сделать артель таких старателей, это бить наудачу шурфы, дудки, как называли их на Урале, и, если добирались до золотоносного слоя, доставать оттуда пески.

Промышленные компании, обосновавшиеся на золотоносных землях, развернули широкий фронт работ; процесс добычи золота на их предприятиях обуславливался лишь чудовищной эксплуатацией тысяч рабочих, низведенных до уровня рабов, и самыми примитивными орудиями труда. Лучшей характеристикой положения на золотых месторождениях царской России может служить высказывание американского инженера Пюрингтона, обследовавшего Ленские прииски в 1913 г., т. е. в период их расцвета: «Я могу с полной уверенностью утверждать, что на Ленских приисках, равно как и на других близлежащих приисках, в методы промывки практически

не было внесено никаких усовершенствований с 1867 г. За всю мою жизнь я не видел такой безрассудной затраты пространства и воды при промывке золота. Работающие в настоящее время фабрики годятся только на слом». Может быть американец видел в Ленских приисках соперника золотодобывающей промышленности США и нарочито сгущал краски? Едва ли есть основание для такого предположения.

Если совершить небольшой экскурс в прошлое, то увидим, что уже в начале XIX в. в России для извлечения золота были созданы оригинальные машины. С 1823 г. на Верх-Исетском заводе работала золотопромывальная машина, созданная Е. Китаевым. Через 3 года на Березовских промыслах была установлена машина И. Кошкарлова. А еще через пару лет были пущены в ход машины Е. А. и М. Е. Черепановых, известных нам как строители первых русских паровозов. В движение эти золотопромывальные машины приводились силой падающей воды или даже пара (у Черепановых). За рубежом же не только в это время, но и значительно позднее, в середине XIX столетия, основным орудием промывки продолжал оставаться обыкновенный таз или, в лучшем случае, вашгерд. На знаменитых золотых промыслах Калифорнии в период их расцвета в 1849 г. «достижением» американской техники было простое деревянное корыто, вручную раскатываемое при промывке.

В 1859 г. А. Н. Лопатиным изобретен так называемый песковоз, явившийся прообразом конвейера, а шлюзовое устройство К. А. Кулибина не утратило своего значения за столетний период.

Почему же после блестящих технических усовершенствований русских мастеров в золотодобыче наступила картина, нарисованная американским инженером? По той простой причине, что приисковые рабочие за гроши продавали свой труд, обходившийся промышленникам дешевле самой примитивной механизации.

Теперь наиболее эффективный способ добычи золота — драги, перерабатывающие огромное количество песков и улавливающие мельчайшие частицы металла. Первая многочерпаковая драга была сконструирована в Новой Зеландии в 1882 г.

У нас драги появились лишь в последние годы XIX и первые годы XX столетия, но и то как единичное яв-



ление. Такое сооружение, как драга, усовершенствовалось многими инженерами и конструкторами в течение десятилетий. Она представляет собой плавучую фабрику золота, передвигающуюся по мере разработки забоя по залитому водой котловану. Первые драги приводились в движение паром, теперь — электрической энергией. В драге воедино слиты процессы добычи песков, их обогащения, извлечения из них драгоценного металла и даже улавливания встречающихся самородков. Сейчас ей принадлежит очень видное место в разработке золотых месторождений. Существуют прииски, на которых золотодобыча осуществляется только с помощью этих высокопроизводительных, полностью механизированных агрегатов. На золотых полигонах, имеющих значительное содержание металла в песках, предпочтительнее промысловые приборы барабанного типа, пропускающие через себя большие объемы золотоносной породы.

## АМАЛЬГАМАЦИЯ

Из глубины веков пришел наиболее простой способ извлечения золота из руд — амальгамация. Сущность его в том, что измельченная руда обрабатывается металлической ртутью, после чего из образующейся таким образом амальгамы золото выделяется испарением ртути. Порода при этом измельчается до размера 0,2—0,3 мм и смешивается с водой в бегунных чашах. Пульпа прогоняется через шлюзы, на дне которых располагаются медные листы, натертые ртутью. Тяжелое золото задерживается ртутью, а пульпа с пустой породой идет на сброс. Амальгамационные фабрики — простые и небольшие сооружения. Однако процесс амальгамационного извлечения из руд имеет много недостатков. Листы шлюзов перед покрытием их ртутью должны хорошо очищаться щелочью, а покрытие их необходимо возобновлять через 4—8 часов. Но это отнюдь не главное. Ртутью улавливаются не только золото, серебро, но и ряд «далеких от благородства» металлов — медь, свинец, цинк, олово и др. Ртуть может «заболеть» — покрыться пленкой окисей металлов, препятствующей соединению отдельных частичек между собой. Амальгамационные листы при этом зеленеют, амальгама с них легко сдирается и уносится водой вместе с золотом. Это «пемзование» ртути усиливают мышьяк и

сурьма, если они присутствуют в руде. Но и вполне «здоровая» ртуть может амальгамировать не всякое золото. Иногда частички золота покрыты пленкой окислов. Такое «золото в рубашке» от амальгамации легко ускользает. С помощью этого процесса в лучшем случае удается извлечь 80%, а чаще 55—70% содержащегося в руде золота. Полученная амальгама отжимается через замшу или плотную материю для отделения избытка ртути, после чего направляется в реторты, где производится так называемая «отпарка». При 800°С амальгама распадается, ртуть отгоняется в виде пара, золото остается.

## АФФИНАЖ И ХЛОРИНАЦИЯ

Уловленное ртутью золото называется «черновым», так как находится в смеси с другими металлами. Для их отделения «черновое» золото отправляют на аффинажные заводы. Там полученный амальгамацией продукт расплавляют в шамотных тиглях, после чего через расплавленную массу пропускают струю газообразного хлора. С хлором взаимодействуют не только золото, но также свинец, олово, цинк, сурьма и некоторые другие металлы. Хлористые соединения их летучи и удаляются из расплава, хлорные же золото, медь и серебро остаются; так как температура в тигле высокая, то эти соединения распадаются, золото выпадает на дно в металлическом виде, а медь и серебро остаются в расплаве. По охлаждении расплава золото легко отделяют от остальной массы. Такая очистка дает золото 998-й пробы или, говоря иначе, чистоты 99,8%. Для получения золота особой чистоты используют электролитические ванны, в которых на анод навешивают «черновое» золото, а с катода снимают высокопробное золото.

Хлор используется не только для очистки золота от примесей, но и для непосредственного извлечения его из сырой руды. При хлоринации, как называется этот процесс, руда также тонко измельчается и увлажняется, после чего обрабатывается газообразным хлором. Поскольку проводится это не при высокой, а при обычной температуре, золото вступает в соединение с хлором; образовавшееся хлорное золото легко растворяется в воде, откуда его «высаживают» железным купоросом, сероводородом и другими реагентами. Процесс хлоринации по сравнению

с амальгамационным более поздний (ведь и хлор-то открыт лишь в XVIII столетии), но в настоящее время он редко используется ввиду внедрения в производство более совершенного процесса цианирования.

## ЦИАНИРОВАНИЕ

Золото, получившее название царя металлов за то, что на него не действуют сильные кислоты, как оказалось, способно растворяться в цианистых щелочах. Открыто это явление русским ученым П. Р. Багратионом. Племянник героя Отечественной войны 1812 г., он был знатоком артиллерийского и военно-инженерного дела. Но наибольшую известность ученому принесла разработка нового золотонизвлекающего процесса — цианирования. Труд П. Р. Багратиона, посвященный этому вопросу, был опубликован еще в 1844 г., но долгое время никто не делал и попытки использовать его процесс при извлечении драгоценного металла. Причиной этому было недоверие к новому способу и опасение трудностей обслуживания: основной реагент — цианистый натрий представляет собой сильнейший яд. Первый завод по цианированию золотой руды был поставлен на Березовском руднике в 1897 г. Опасность отравления людей, работающих на таких заводах, долгое время ограничивала широкое использование нового процесса. Лишь в советское время процесс цианирования, дающий возможность почти полностью извлечь золото из руды, получил самое широкое распространение в горнорудной промышленности, став первым по значению среди других золотонизвлекающих процессов.

Сущность процесса цианирования заключается в следующем. Измельченная руда подается в огромные чаны и подвергается в них действию цианистого натрия (или кальция). В чаны обязательно подают воздух, так как в реакции растворения золота участвует и кислород. Образовавшаяся золотонатриевая цианистая соль остается в растворе, легко отделяясь от горной породы. Воздействием металлического цинка (иногда алюминия) золото вытесняют из раствора, и оно выпадает на дне в виде металла. От избытка цинка в полученном продукте освобождаются с помощью серной кислоты. Концентрация цианистых растворов строго контролируется.

## ОБОГАЩЕНИЕ

Золотоизвлекающие процессы гораздо продуктивнее в тех случаях, когда золотая руда предварительно подвергается обогащению, т. е. освобождается от большей части пустой породы. Широко применявшаяся в прошлом веке промывка россыпного золота на лотках, проходных или промывочных приборах представляет собой не что иное, как один из простейших способов обогащения. В основу его заложен принцип разницы в удельном весе металла и пустой породы. Сегодня, пользуясь этим принципом, отделяют золото от породы на концентрационных столах (наклонные плоскости, совершающие возвратно-поступательные движения). Частицы измельченной руды на таком столе получают неодинаковую скорость при его качании; более тяжелые из них (золото) благодаря этому располагаются в нижних слоях, а более легкие (порода) — в верхних, откуда смываются водой.

Другой распространенный тип оборудования гравитационного способа обогащения — отсадочные машины. Каждая из них представляет собой закрытую камеру, внизу которой расположен пирамидальный ящик, а под ним поршень и стальной лист с отверстиями (решето). На решето укладывается «постель» из материала, удельный вес которого меньше удельного веса тяжелых минералов, но больше, чем удельный вес легких материалов. Поршень, делающий от 100 до 300 ходов в минуту, сообщает пульпе (суспензии измельченной руды в воде) пульсирующие движения. Тяжелые зерна собираются в верхнем слое постели и постепенно проходят вниз через промежутки между ее зернами, проваливаются через отверстия решетки и собираются в нижней части ящика, откуда периодически выгружаются. Новейшие типы таких машин имеют подвижное решето, прерывистую восходящую струю воды, значительно увеличенное число вибраций.

Наиболее простое обогащение проводится в шлюзах, подобных тем, которые употребляются при амальгамации, но имеющих на полу не листы, натертые ртутью, а шероховатую поверхность. Различное трение частиц о такое дно способствует уносу водой легких частиц и оседанию тяжелых.

Начиная с двадцатых годов большое развитие получил флотационный способ обогащения. В основе его ле-

жит различная смачиваемость материалов. Измельченная руда вместе с водой перемешивается в специальных машинах, куда добавлены и так называемые флотореагенты. Частицы минералов покрываются при этом тонкой пленкой флотореагента и благодаря этому не смачиваются водой. Воздух, подающийся в машину, образует большое количество пузырьков, всплывающих на поверхность. Флотореагенты имеют двойное назначение: одни служат для образования пленки на частицах золота и некоторых минералов, другие для создания пены. Наиболее распространенным флотореагентом первого назначения является ксантат, а второго — сосновое масло. Частицы золота, покрытые пленкой, прилипают к воздушным пузырькам и поднимаются на поверхность, образуя (вместе с частицами некоторых минералов) пену, которую собирают специальными приспособлениями; пустая же порода, смоченная водой, остается в машине во взвешенном состоянии. Чем меньше частицы золота, тем легче они флотируются. Крупные частицы предварительно отделяются на концентрационных столах.

## ПИРОМЕТАЛЛУРГИЯ ЗОЛОТА

Как можно видеть из всего сказанного, извлечение золота характеризуется не пирометаллургическими процессами («пиро» — огонь), т. е. выплавкой, как у большинства металлов, а гидрометаллургическим. Однако в некоторых случаях пирометаллургическая обработка как предварительный процесс при добыче золота бывает просто необходимой. Ни амальгамацией, ни цианированием извлечь из руды золото не удастся, если присутствие меди в ней превышает 0,5%. Из такой руды приходится извлекать золото выплавкой (совместно с медью и серебром). Присутствие в руде больших количеств мышьяка, сурьмы и серы также затрудняет гидрометаллургические процессы. Выплавка металла при этом необязательна, но необходим предварительный обжиг руды, при котором эти нежелательные компоненты выгорают. Следует заметить, что применимо это лишь к богатым рудам, так как обжиг в значительной мере удорожает процесс извлечения. Существуют и такие руды, которые в любом случае должны подвергаться обжигу.

Золото вступает в соединение с некоторыми элементами. Пример тому — процессы цианирования и хлоринации. В природе золото встречается не всегда самородным: некоторые австралийские руды, например, не поддаются ни амальгамации, ни цианированию, так как золото в них уже прочно связано редким элементом теллуром. Иногда встречаются и руды, в которых золото соединено с селеном. Для таких руд предварительный обжиг неизбежен. Теллур и селен при этом отгоняются в виде двуокиси, а золото в виде металла остается в огарке.

Еще в 1837 г. П. П. Аносовым был разработан и предложен пирометаллургический способ извлечения золота из россыпей. Сущность метода заключалась в восстановлении окислов железа при плавке песков с высоким содержанием золота. Драгоценный металл переходил в выплавленный при этом чугун. По сравнению с промывкой этот способ давал в десятки раз более высокий выход золота. Из золотоносного чугуна золото извлекалось растворением его в кислоте.

Возникает вопрос, почему сейчас не используют метод Аносова в процессах золотоизвлечения? Только потому, что современные методы более рациональны. Для того времени метод Аносова представлял несомненный интерес, но тогда им в нужной мере не воспользовались, а впоследствии были разработаны более удобные и рентабельные для переработки больших объемов руды или песков методы, причем многие из них рассчитаны и на малые содержания золота.

## ЗОЛОТО ИЗ ВОДЫ

Золото может быть рассеяно не только в горных породах, но и в морской воде. По подсчету белорусского ученого Н. Ф. Ермоленко, каждый ее кубометр содержит шесть миллионных долей грамма золота. Несмотря на то что концентрация золота в морской воде столь незначительна, общее его количество в морях и океанах таково, что на каждого жителя Земли приходится по два килограмма. Попытки извлечения драгоценного металла из морской воды проводились еще в начале нашего века. Однако установки для этого требовались сложные, а золото добывалось в ничтожных количествах: экономически процесс себя не оправдывал.

Советские ученые А. Даванков и В. Лауфер сделали попытку разрешить этот вопрос с помощью ионообменных смол. Сконструированный ими прибор сотрудник Института океанологии С. Дембовский применил на экспедиционном судне, и ему удалось добыть из морской воды несколько миллиграммов золота.

Учеными была синтезирована смола, которая улавливала золото и серебро в таких количествах, что их вес составлял 200 (для золота) и 300 (для серебра) процентов от веса самой смолы. Проводилось это в несколько этапов. При прохождении воды через смолу происходил ионообмен. Затем ионы серебра и золота в порах смолы восстанавливались до металла при обработке смолы гидросульфитом натрия. Этот металл отлагался в порах, а смола вновь обретала ионообменные свойства. Так повторялось до тех пор, пока поры смолы не закупоривались полностью восстановленным металлом. Такие смолы оказались незаменимым средством против потерь металла с промывными водами на ювелирных фабриках. Первоначально подобные установки были встречены с недоверием, но когда они в тщательно проведенных испытаниях зафиксировали выход более 90%, то ученым была поручена разработка промышленного извлечения золота из промывных вод ювелирных фабрик Москвы, Ленинграда, Таллина, Одессы, Свердловска, Риги, Харькова и других городов нашей страны.

## ПРОБИРНОЕ ИСКУССТВО

Степень очистки металла, содержание его в руде, процент извлечения, ювелирная проба — все это требует самого тщательного контроля, без которого нет возможности правильно наладить процессы геологоразведки, добычи, извлечения, плавки. Золотые изделия, найденные археологами, показывают, что древние металлурги добивались высокой степени чистоты золота. Оказалось, что в многовековой практике обратили внимание на то, что восстановленный свинец собирает золото и серебро, отделяя их таким образом от неблагородных металлов. Веркблей, как назывался такой сплав, получался после обжига «намертво». Проводя последующую плавку в окислительной атмосфере, получали смесь драгоценного металла и окислов свинца. Кем и когда найден был способ разделения такой

смеси, до сего времени не установлено, но как это делали еще египетские жрецы — известно. Плавку проводили в горшках из костяной золы, и при этом окись свинца всасывалась в его стенки, причем еще и увлекала за собой случайные примеси. Оставался лишь сплав золота и серебра. Разделение этих металлов основано на том, что при обработке «крепкой водкой» — азотной кислотой растворяется только серебро.

Определение количественного содержания золота в руде и сплавах или, наоборот, содержания примесей в золоте составляет предмет так называемого пробирного искусства. Великий английский ученый И. Ньютон, которого все знают как открывателя многих законов физики и механики, 25 лет руководил работами на Лондонском монетном дворе. Его методы пробирного искусства лежат в основе современных. С постановкой дела в лондонском Тауэре по опробованию золота в 1698 г. ознакомился Петр I и ввел пробирное искусство в России. Методику опробования руд на золото, серебро и другие металлы сообщал М. В. Ломоносов в книге «Первые основания металлургии или рудных дел». Сущность пробирного процесса — в обжиге руды в лабораторных печах, плавке со свинцовыми соединениями и отделении золота и серебра с помощью чашечек из костяной золы (купелирование). В наше время аналитическая химия располагает самыми совершенными методами исследования. Можно было бы ожидать поэтому, что такое древнее искусство окажется безнадежно устарелым. Однако оно не теряет своего значения. Причина в том, что оно оперирует с большими пробами (100—200 г), определяя при этом количества в 0,5; 1; 2 мг золота с большей точностью и быстротой, чем это удастся определить современными аналитическими методами.

Как же в общих чертах проводят опробование на благородные металлы в пробирных лабораториях? После измельчения золотоносной (сереброносной, платиноносной) породы ее подвергают плавке в специальных печах. Основными видами плавки являются шерберная и тигельная. В первом случае навеска исследуемого вещества (это может быть не только порода, но и плак и металл) помещается в небольшую чашечку из огнеупорной глины — шербер. Туда же помещаются зерна чистого свинца и флюс (обычно буре). Плавка ведется окислительная, т. е. с до-



ступом воздуха. При этом благородные металлы собираются в свинец, а компоненты руды окисляются и переходят в шлак.

При тигельной плавке в состав шихты входит не металлический свинец, а его окись — глет, а также восстановители (древесный уголь, мука, отруби, винный камень и т. д.). Глет при нагреве восстанавливается до свинца. Последний смачивает только чистые металлы, но не их окиси. Чистыми металлами в пробе будут только благородные. Все остальное с помощью буры переходит в шлак. В обоих случаях получают веркблей — сплав свинца с благородными металлами, который в последующей операции подвергают купелированию.

К благородным относятся и металлы платиновой группы. Казалось бы, приемы пробирного искусства полностью применимы и к их опробованию. Однако следует сказать, что хотя общий ход таких процессов и схож, но он имеет и существенные отличия. Некоторые платиновые металлы не образуют сплавов со свинцом, а только в известной степени им смачиваются. Поэтому на них предпочтительнее тигельную плавку делать с хлористым серебром и содой. В последнем случае получают так называемый серебристый веркблей. Окислительную плавку можно вести лишь тогда, когда опробуются платина, палладий и родий, три остальных металла группы в этих условиях частично или полностью окисляются и переходят в шлак. Поэтому когда имеют в виду определение всех платиновых металлов, то плавку ведут восстановительную, при которой три последних металла собираются свинцом, а три первых серебром. Температурный режим в таких случаях выше, чем при определении золота и серебра.

## ЗОЛОТО В ТЕХНИКЕ

### СВОЙСТВА ЗОЛОТА И ЕГО СПЛАВОВ

«Паспортные данные» золота таковы: плотность 19,3; температура плавления  $1063^{\circ}\text{C}$ ; температура кипения  $2966^{\circ}\text{C}$ ; твердость по минералогической шкале 2,5; электрическое сопротивление  $0,024 \cdot 10^{-4} \text{ ом/см}$ . Несмотря на эти неплохие данные, существует (и очень прочное) мнение, что золото само по себе — один из самых малополезных для техники металлов. Из золота, — говорят инжене-

ры, — машину не сделаешь, даже если бы оно стоило баснословно дешево. Так ли это?

До последних дней трудно было оспаривать такое мнение; трудно потому, что не было таких запросов у техники, какие появились в наше время.

Золото с древнейших времен служило материалом для драгоценных поделок и украшений. Из золота изготавливали чаши, кубки, кувшины, вазы. Известно, что золото очень мягкий металл, легко поддающийся расплющиванию в тончайшие пластинки и листочки. Но этого далеко не достаточно, чтобы изготовить кувшин. Его надо отлить в форме. Нельзя не восхищаться искусством литейщиков древности. Ацтекские мастера отливали из золота птиц с двигающимися языком, головой и крыльями или обезьянок с подвижными конечностями и головой. Отливки, изображающие рыб, имели чешуйки из золота и серебра на одном и том же изделии. Много таких памятников искусства древних мастеров погибло от алчности конкистадоров, безжалостно переплавлявших их в слитки. Кое-что все же сохранилось и является гордостью музеев мира, в том числе и Государственного Эрмитажа в Ленинграде.

Как ацтекские мастера отливали такие дивные изделия, можно судить по описаниям, которые дошли до нашего времени. Ацтекские ювелиры лепили модель из глины, покрывали ее слоем воска, после чего накладывали на нее еще один слой глины. Такие формы обжигались, и воск выплавлялся из них, образуя полости, в точности воспроизводящие модель. Метод, к которому пришли лишь в двадцатом столетии. Отливка после освобождения ее от формы шлифовалась, а для придания ей блеска погружалась в ванну из квасцов. (И это у народа, который погиб из-за того, что не был знаком с огнестрельным оружием!) Все это требовало очень большого умения и навыка, знания строгих температурных режимов, за которыми следить можно было только глазом, без всяких приборов; необходимо было уметь подобрать нужные сорта глины и песка для изготовления моделей и форм. Замечательные произведения искусства из золота оставлены нам не только ацтеками, но и египтянами, вавилонянами, скифами, индусами и многими другими народами.

Однако конфигурация того или иного изделия, хотя бы того же кувшина, может и не позволить мастеру отлить его целиком. Некоторые части (например, ручки) при-

ходится отливать отдельно, после чего присоединять к изделию. Пайка металлов, которая получила широкое распространение в наше время, оказывается, древнейший технологический процесс, насчитывающий несколько тысячелетий. Раскопки царских гробниц на территориях древних Вавилона и Египта со всей несомненностью доказали это.

Чем же паяли древние, какой материал для этого употребляли? То же золото и его сплав с серебром. Можно подумать, что это имеет лишь историческое значение: древние не знали железа и многих других металлов, они «вынуждены» были пользоваться для пайки золотом. Да и золото тогда еще не обрело своей функции выразителя стоимости, чем оно стало впоследствии. Можно прибавить к этому, что и добывать золото в те времена было легче: существовала, если так можно выразиться, «золотая целина». Однако и современная промышленность вовсе не отказывается от пайки золотом, несмотря на его высокую стоимость и обилие других материалов для этих целей. Технически чистое золото (99,6%) используется в промышленности в качестве припоя, имеющего, правда, ограниченную область применения. В восстановительной атмосфере или вакууме золото в контакте с чистой медью прочно к ней присоединяется; под давлением происходит диффузия (проникновение) молекул одного металла в другой, причем процесс идет при температурах, значительно более низких, чем температура плавления каждого из этих металлов или же любого из этих сплавов. Такие соединения называют в технике «золотыми печатями», используют их при изготовлении некоторых типов радиоламп. Прочность их, конечно, ниже, нежели у соединений, полученных путем плавления, но она все же достаточна для того, чтобы противостоять напряжениям, возникающим при работе вакуумных насосов. Любопытно, что древние мастера нашли способ снизить температуру плавления золотого припоя. Для этого они изготавливали золотой порошок и затем отжигали его с угольной пылью. При этом поверхность золотых крупинок насыщалась углеродом, происходила так хорошо известная в наше время цементация. В итоге образовывался золотоуглеродистый сплав, обладающий более низкой, чем чистое золото, температурой плавления; он и использовался в качестве материала припоя.

Неизвестно, знал ли об этом искусстве древних мастеров французский химик А. Муассан, когда он обратился к исследованию по выяснению растворимости углерода в золоте. Его эксперименты показали, что в расплавленном золоте могут растворяться лишь небольшие количества углерода; при охлаждении сплава большая часть углерода выкристаллизовывается в виде графита. Этот вопрос после него изучали многие исследователи, и их работы полностью подтвердили выводы французского химика.

В XX в. не только вакуумная, но и атомная промышленность нуждается в золоте в качестве материала. Ускоритель элементарных частиц представляет собой, грубо говоря, огромнейшую камеру — трубу, свернутую в баранку. Чем большее разрежение удастся создать в такой трубе, тем более длительна «жизнь» элементарных частиц в ней. Но в такой «баранке» имеются окна, рукава, отводы, стыки. Все это требует сварки. Труба изготавливается из нержавеющей стали, выплавленной в вакууме. Внутренняя ее поверхность отполировывается до зеркального блеска, так как полированная поверхность лучше держит разрежение. Удерживать вакуум в такой «баранке» исключительно трудно. Сварные швы всегда могут иметь включения газа, что может затруднить исследование. Используется сварка аргоновая, но и этого недостаточно. Ряд уплотняющих колец и шайб изготавливается из мягкого и пластичного, незаменимого для таких целей металла — золота. Чистейшим же золотом паяют стыки на камере и трубах. С использованием золота удалось получить вакуум значения миллиардных долей атмосферного.

То, что золото — мягкий металл, в некоторых случаях является незаменимым качеством, в других же — создающим большие затруднения. Известно, например, что в прежние времена банковские кассиры считали (и пересчитывали) золотые монеты на бархатной или суконной подстилке, которую потом сжигали для того, чтобы воспользоваться оставшимся на бархате (или сукне) золотом. Весьма показателен в этом смысле бизнес одного предпринимчивого американца, о котором сообщалось в печати в 1893 г. Делец приобрел в городе Филадельфии старую цинковую кровлю церкви, уплатив за нее 3 000 долларов. Соскоблив с кровли краску он стал владельцем изрядного количества мусора. Однако после сжигения этого мусора из золы было выбрано 7,5 кг чистого золота, что не только

покрыло затраты, но и дало 5 000 долларов чистой прибыли. Хитрец, оказывается, обратил внимание на то, что церковь, крышу которой он решил приобрести, расположена по соседству с монетным двором. Рассеиваемое там пылевидное золото вытягивалось вентиляционными установками в дымовую трубу и, оказавшись на улице, осаждалось на стенках и крыше как самого монетного двора, так и соседних зданий, одним из которых и являлась церковь. Когда удачливость дельца была предана широкой гласности, то немедленно были приняты срочные меры. С крыши монетного двора стали собирать воду в бочки, оттуда ее пропускали через шерстяные одеяла, и таким образом большая часть уносимого в трубу золота возвращалась в распоряжение монетного двора.

Старые мастера изготавливали из золота тончайшую фольгу. Раскатав в валках пластинку золота до толщины писчей бумаги, они укладывали ее между тонкими пленками, снятыми с бычьей печени, и осторожно проковывали. После многократного повторения такой операции достигалась толщина золотого листа равная 0,00001 мм. Такая пленка просвечивала зеленоватым цветом. Золотая фольга использовалась для золочения икон, церковной утвари, золотых обзоров книжных переплетов и т. д. Практиковалось также вытягивание золота в тончайшие нити. Ими расшивались парадные одежды царских и духовных особ.

Золото использовали (и используют) ювелиры и зубные техники. Мягкость и пластичность золота — прекрасные качества для работы с ним, однако в эксплуатации зуб из чистого золота будет по меньшей мере невыгоден, так как он очень быстро сомнется и изотрется. Поэтому стоматологи используют не чистое золото, а его сплавы с серебром. В зависимости от содержания серебра такие сплавы отличаются цветом: при 20—40% серебра зеленовато-желтый, при 50% — бледно-желтый и т. д.

Используя сплав золота с серебром, ювелиры и зубные техники научились добавочно упрочнять его термической обработкой. В этом отношении золото ведет себя очень любопытно. Хорошо известен процесс закалки стали. Металл нагревают до определенной температуры и затем быстро охлаждают. Это сообщает ему твердость. Для того чтобы снять закалку, металл повторно нагревают и охлаждают медленно — это отжиг. Сплав золота с медью ве-

дет себя в этих процессах диаметрально противоположно: при быстром охлаждении он приобретает мягкость и пластичность, а при медленном отжиге, наоборот, — твердость и хрупкость. Таковую же картину можно наблюдать и у сплавов золота с серебром.

Чем объяснить такое необычное поведение золота? Вопрос этот, конечно, был предметом изучения металлургов. Выяснилось, что золото при затвердевании после плавки образует кристаллы, состоящие из неправильных многоугольников. Кристаллы эти можно обнаружить, подвергнув поверхность золотого слитка слабому травлению в течение 30—60 мин царской водкой, разбавленной равным объемом воды. В небольших быстро охлаждаемых слитках образуются кристаллы с неправильными очертаниями. При прокатке слитков кристаллы удлиняются и расслаиваются. Отжиг вызывает дробление кристаллов. При температуре около  $200^{\circ}\text{C}$  происходит рекристаллизация. При медленном понижении температуры кристаллы остаются мелкими, что и придает твердость. При резкой смене температур размер новых кристаллов увеличивается, и грани зерен сглаживаются, чем увеличивается пластичность, но снижается твердость золота. Рекристаллизация может идти и при пониженных температурах — порядка всего лишь  $80^{\circ}\text{C}$ , но в этих условиях процесс протекает медленно, и для его завершения требуется 100 ч.

Различные кристаллические формы того или иного химического элемента называются аллотропией. Классический пример аллотропии — графит и алмаз. Элемент один и тот же — углерод. Разница в структуре кристаллической решетки этих двух (химически одинаковых) веществ обуславливает резкое различие в их свойствах: графитовый сердечник так мягок, что оставляет след на бумаге, а алмаз — твердое природное вещество. Много бед в свое время принесла так называемая «оловянная чума», явление, при котором прекрасные полновесные слитки олова без видимой причины превращались в груды серого порошка. Это, как оказалось, не что иное, как переход одной кристаллической формы олова в другую.

Трудами ученых установлено, что золото также «не едино», оно может существовать в различных кристаллических формах. Если под воду поместить амальгаму натрия и растворить в ней кусочек золота, то вся жидкость окрасится в темно-фиолетовый цвет. Стоит подкислить ее

соляной кислотой, и золото выпадает из нее в виде черного осадка. Этот осадок легче растворяется в цианистых щелочах, чем обычное золото, но не амальгамируется ртутью. После нагревания такое золото будет по своим свойствам полностью отвечать первоначально полученному фиолетово-красному порошку. Восстановлением сернистой кислотой растворов хлорного, хлористого, бромного, бромистого или подистого золота удалось получить три различные кристаллические структуры, которые соответственно были названы — обычное золото, альфа-золото и бета-золото.

Эти аллотропические формы могут переходить друг в друга, и при этом наблюдается определенный термический эффект. Так, альфа-золото при своем превращении в золото обычное выделяет 8,2 кал. Бета-золото, как было выяснено спектроскопическими исследованиями, еще не было получено в чистом состоянии. Ему всегда сопутствовали примеси альфа-золота, серебра, меди, свинца, железа или других металлов. Однако оно явственно отличается от других кристаллических форм золота. Об этом прежде всего говорит более низкий, чем у альфа-золота, коэффициент диамагнетизма. При нагреве до  $300^{\circ}\text{C}$  бета-золото переходит в альфа-золото.

Растворяя в азотной кислоте золотосеребряный сплав, ученый Генрио получал золото коричневого цвета. Можно было предположить, что найдена еще одна кристаллическая форма золота. Однако оказалось, что это не что иное, как смесь альфа- и бета-золота. Такая смесь неустойчива в интервале температур  $300\text{—}650^{\circ}\text{C}$ , она стремится перейти целиком в альфа-форму. Если привести в соприкосновение с размягченным коричневым золотом пластинку альфа-золота, то процесс перехода из одной кристаллической структуры в другую резко ускоряется. В точности такое же явление, как при «заражении» оловянной чумой «здоровых» оловянных слитков! Легко растворить коричневое золото в растворе горячей соляной кислоты и хлорного золота; при охлаждении жидкости можно наблюдать выпадение красивых кристалликов золота, резко отличающихся друг от друга по своей форме: одни — тетраэдры, другие — ромбические додекаэдры.

Золото диамагнитно. Его пластинка, помещенная между полюсами магнита, стремится принять положение не вдоль, а поперек магнитных силовых линий. «Чародею

двадцатого века», как называли американского физика Р. Вуда, в 1931—1932 гг. удалось провести исследование, успех которого обусловили только что упомянутые качества золота. История этого исследования связана с открытием Х. Картером неразграбленной гробницы фараона Тутанхамона. Среди многочисленных царских золотых украшений обращали на себя внимание изделия из золота не желтого, а пурпурного цвета. Между учеными возник спор: одни говорили, что пурпурное золото — продукт искусства мастеров фараона, забытое за три тысячи лет, другие утверждали, что это всего лишь результат химических изменений вследствие долгого пребывания в гробнице. Ход исследования Р. Вуда напоминает детективный роман, так как пришлось похищать отдельные образцы у Картера, в чем существенную помощь оказал Вуду ученый Лукас (автор книги «Материалы и ремесла древнего Египта»). Сам Вуд склонялся к первому мнению: пурпурное золото — дело искусства древних мастеров, однако это следовало доказать. Заполучив на время образцы изделий из пурпурного золота, Вуд прежде всего обратил внимание на сходство их поверхности с некоторыми золотыми пленками, которые ему приходилось изготавливать ранее при изучении оптических свойств очень тонких металлических слоев. Вуд покрыл одну из пурпурных блесток прозрачным целлулоидным лаком, которым пользовалась его жена для ногтей. Обнаружив, что цвет блестки не изменился при этом, Вуд пришел к выводу, что явление интерференции световых лучей здесь ни при чем. Сняв застывшую целлулоидную пленку, Вуд обнаружил, что под ней поверхность обычного ярко-желтого золота. Сама же пленка оказалась бесцветной — и в проходящем, и в отраженном свете. Тогда на ту же пленку ученый осадил тончайший слой золота, и пурпурная окраска появилась снова. Следовало установить природу пленки. Вуд решил сфотографировать ее спектр. Для этого он поместил пленку между электродами из желтого золота и пропустил через нее короткий искровой разряд. На полученном спектре выявились линии железа. Для уточнения своего открытия Вуд на тончайшей стеклянной нити подвесил пурпурную блестку между полюсами сильного электромагнита; включил ток, и блестка притянулась к одному из полюсов. Так же подвесили изделие из желтого золота, и при включении тока удалось наблюдать, как его выбрасывает из магнитного поля. Стало ясным, что



пурпурный цвет золота обуславливается примесями железа. Открытие замечательное, но оно еще не отвечало на вопрос, как образовалась пленка окислов железа. Вуд приготовил сплав чистого золота с одним процентом железа. Расковал кусочек, придав ему форму диска, и стал наблюдать, как изменяется его цвет при нагреве. Когда температура нагрева стала подходить к красному калению, то поверхность диска заиграла прекрасным пурпурным цветом, в точности таким же, как и у блесток украшений Тутанхамона. Вуд не удовлетворился и этим. С одного участка поверхности маленькой блестки он удалил пленку смесью азотной и соляной кислот. Протравленная поверхность обнаружила под микроскопом кристаллическую структуру. У протравленной поверхности золотых дисков, приготовленных Вудом, кристаллическая структура была в точности такой же. Поверхность блесток из желтого золота, равно как и прокованных, но не подвергнутых нагреву вудовских золотых дисков, показала совершенно иную кристаллическую структуру. У прокатанного в стальных вальцах золота кристаллы были очень мелкими, а у подвергнутого нагреву как раз того размера, что на пурпурных египетских блестках. Таким образом американскому физик удалось разрешить тайну происхождения пурпурного золота Тутанхамона, тайну, над разрешением которой безуспешно бились египтологи, химики-металлурги и ювелиры.

По всей вероятности (к такому мнению склонялся и сам Вуд), в свое время при изготовлении украшений из самородков золота, содержащих следы железа, одно из них нечаянно уронили в огонь или же положили туда для отжига и таким образом открыли пурпурную окраску.

Сплавы золота с другими металлами далеко не ограничиваются применением в ювелирном и зубоврачебном деле. Использование золота в качестве материала для накопечников «вечных» перьев, пожалуй, можно считать прогрессом по сравнению с использованием его для изготовления украшений.

Самая благородная служба золота, как утверждают ученые, в технике. Золото — металл мягкий и пластичный. Нелегко себе представить пружинящее золото — это не сталь, однако сплавлением золота с платиной можно получить материал не только повышенной твердости, но и упругий. Такие сплавы применяются для изготовления химической посуды и аппаратуры.

По своей электропроводности золото лишь немного уступает серебру и меди, но зато оно прекрасно противостоит коррозии. Именно поэтому его широко используют для изготовления волосков хронометров и гальванометров, а также для различных электрических контактов. Последние требуют прежде всего тугоплавкого материала, так как при размыкании цепи при искрении мгновенно развивается очень высокая температура. В этом смысле лучшим материалом является вольфрам, имеющий самую высокую температуру плавления. Но, кроме этого, к материалу контактов предъявляется требование и наилучшей электропроводности — здесь нужно серебро. Однако требуется еще и стойкость против коррозии. Контакты — детали, которые принимают на себя огромное число замыканий и размыканий электрической цепи. Особенно важно, чтобы в процессе работы не происходило прилипания контактов. Можно представить себе, что произойдет в том или ином приборе, установленном на космическом спутнике, если нужное размыкание контакта задержится хотя бы на доли секунды. В создании сплавов, дающих наименьшее количество прилипаний контактов, особая роль принадлежит золоту. Например, сплав золота с 35% палладия и 5% вольфрама или же золота с 1% марганца надежно обеспечивает контактирование с практически постоянной величиной переходного сопротивления как в нормальных атмосферных условиях, так и при относительной влажности в 90% и при температуре порядка 50° С. Сплав золота с цирконием подобен вышеприведенным; он дает многократное прилипание контактов, но эта многократность приходится к сплаву только после 137 тысяч срабатываний. Безотказно работают сплав золота с палладием (30%) и платиной (10%), а также сплав палладия с золотом (20%) и рутением (5%). Конечно, последний сплав будет дороже вышеперечисленных, равно как и обошедшийся совсем без золота сплав платины с 18% иридия. Без таких сплавов современная космическая техника просто не в состоянии обойтись, хотя она вовсе и не единственный их потребитель.

## ЗОЛОТЫЕ ПОКРЫТИЯ

Владыки древности, в частности египетские фараоны, стремились ослепить своим великолепием. Золото сверкало на их одежде, на носилках, колесницах. Представим се-

бе, что было бы, если носилки, на которых восседал фараон, были бы действительно золотыми. Тяжесть их была бы неимоверна, они весили бы в два с половиной раза больше, чем носилки, изготовленные из железа: ведь золото — один из самых тяжелых металлов. Только три металла платиновой группы — осмий, иридий, платина — превосходят его по своему удельному весу.

Естественно, что носилки фараонов были деревянными с золотым покрытием. Можно думать, что и знаменитое золотое курульное кресло, поднесенное Юлию Цезарю, едва ли было изготовлено из драгоценного металла; скорее всего оно было только позолоченным. Золотую фольгу умели выделять уже в те времена и ее-то тончайшими листочками приклеивали как к дереву, так и к меди (а впоследствии и к железу) с помощью специальных лаков. На вещах, находящихся в постоянном употреблении, такое золотое покрытие держалось около 50 лет. Правда, это был не единственный тогда способ золочения. По другому — изделие покрывалось слоем специального клея и посыпалось тончайшим золотым порошком. Эти способы почти совсем вышли из употребления начиная с середины прошлого столетия, когда трудами русского академика Б. С. Якоби были открыты процессы гальванопластики и гальваностегии.

С давних пор было известно, что золото может растворяться в ртути. Это свойство его было использовано как для извлечения золота из руд амальгамацией, так и для нанесения золотых покрытий. Купол Исаакиевского собора, сверкающий как солнце, виден далеко с моря. Но сколько человеческих жизней стоило это великолепное золотое покрытие! Медные листы, из которых смонтирован купол, после их полировки и очистки натирались вручную полужидкой золотой амальгамой. Листы клали на жаровни с горячим углем, и через некоторое время они начинали сиять. Для того чтобы получить слой золота в 3—5 микрон (тысячных миллиметра), эту операцию повторяли дважды и трижды. Легкий синеватый дымок испаряющейся ртути стал убийцей рабочих, занятых на этой операции. Золочение куполов церквей в последующие годы осуществлялось уже методом гальваностегии. Шпиль Петропавловского собора в Ленинграде, главы Благовещенского собора в Кремле покрыты этим более совершенным и не столь вредным способом. Им же воспользовались позже

при золочении каркаса рубиновых звезд Кремля. Декоративное золочение располагает рецептурой, позволяющей придавать золотому покрытию различные тона и оттенки. Так, для получения покрытия красного цвета в золотой электролит добавляют соли меди или же наносят золото на медный подслои. Введением в электролит желтой кровяной соли, соды, солей меди добиваются получения золотого покрытия розового цвета. Зеленое золото получают добавками серебра, белого мышьяка, углекислого свинца. Несколько граммов соли никеля, добавленные на 1 л электролита, позволяют получить золотое покрытие белого цвета. Конечно, во всех случаях золочения на основной металл осаждается не чистое золото, а его сплав с другими металлами, доля которых, однако, незначительна. Осаждение сплавов предусматривает в каждом отдельном случае свой режим процесса.

Путем изменения режима гальванического процесса — подведением тока различной силы через определенные промежутки времени — можно добиться повышения содержания никеля в золотом слое до 1,7%. Покрытие от этого приобретает еще большую твердость. Осажденная в значительных количествах медь в определенной степени также повышает твердость золотого покрытия, но ее значение в этом смысле, конечно, меньше, чем никеля.

Наряду с гальваностегией — осаждением одного металла на другом существует и гальванопластика — воспроизведение металлических изделий в формах при помощи электрического тока. Это, образно говоря, «гальваническое литье». По своему значению и распространенности в производстве этот процесс, конечно, уступает гальваностегии, однако промышленность прибегает в отдельных случаях и к нему.

Рассказывают, что Н. Бор при своем бегстве от гитлеровцев опасался, что у него отнимут золотую медаль Нобелевской премии. Чтобы спасти медаль, Бор прибегнул к оригинальному приему: растворил медаль. В спокойной обстановке ученый воспроизвел медаль из золотого раствора методом гальванопластики.

Так ли нужны золотые покрытия? Если это только великоление, то, возможно, более целесообразно их имитировать, не расходуя драгоценного металла. Ведь сейчас, например, можно встретить в продаже портсигары, изготовленные из алюминия, поверхность которых обработана

(анодирована) так, что их по внешнему виду нелегко отличить от золотых. Есть ли практическое, техническое значение золотого покрытия? Да, есть!

Мы далеки от мысли приписывать египетским жрецам знания о природе атмосферного электричества и о электропроводности металлов. Известно все же, что за 5 тысячелетий до нашего времени, в царствование фараона Рамзеса III, для отведения «небесного огня» — молний у храмов и дворцов устанавливались в Египте высокие мачты с позолоченными острыми концами. Скорее всего это было каким-то выражением «золотой данн» богу Солнца, но тем не менее оно представляло собой чисто практическое использование золотого покрытия. За несколько тысяч лет до Франклина египтяне создали громоотвод!

Во второй половине XIX столетия в России только гальваническим методом было покрыто до 10 тысяч квадратных метров поверхности куполов церквей. При толщине золотого слоя 0,0015—0,003 мм такое покрытие оставалось неповрежденным в течение ста лет. Устойчивость золота к коррозии оказала неоценимую услугу археологам, так как изделия из этого металла не разрушались за минувшие тысячелетия и донесли сведения о материальной культуре далеких от нас по времени народностей.

Но «благородство» золота не единственное его качество, привлекающее современную технику. Золотое покрытие отличается высокой отражательной способностью. В наше время золочению подвергаются различные детали проводников в высоковольтной радиоаппаратуре, части рентгеновских аппаратов. Для сушки лакокрасочных покрытий инфракрасными лучами изготавливаются позолоченные отражатели.

Инфракрасные лучи решают многие технические проблемы, однако в ряде случаев они являются значительной помехой. Врачу-хирургу требуется, чтобы лампа, освещающая операционный стол, выделяла как можно меньше тепла. То же требуется кинемеханику, демонстрирующему цветной фильм, ибо перегрев пленки приводит к выцветанию красок. Люди, работающие у печей, также нуждаются в теплозащитном стекле. Задача получения такого стекла, которое задерживало бы инфракрасные лучи и свободно пропускало видимый свет, была успешно решена введением в шихту небольших количеств железа,

угля, олова (или цинка). Однако такие стекла страдают существенным недостатком: они поглощают инфракрасные лучи и сами нагреваются при этом, становясь источником тепла. Предполагали, что на юге в летнее время, вставив в окна такие стекла, удастся создать в помещении прекрасное освещение и одновременно прохладу, но на практике этого не получили. Для решения задачи в полном ее объеме требовалось создать стекло, которое не поглощало бы, а отражало тепловые лучи, будучи в то же время прозрачно для видимого света. Это удалось с помощью золота. Для козырька гермошлема изготовили стекло, покрытое слоем золота в одну миллионную долю миллиметра толщиной. Такой слой не задерживал видимые лучи, но инфракрасные отражал на 60%. С целью предохранения поверхности космических спутников от влияния коррозии и нагрева прямыми солнечными лучами не раз прибегали к золотому покрытию.

Известно, что знаменитый изобретатель Эдисон решительно отвергал возможность установления телефонной связи через океан, хотя телефон был и его детищем. Это действительно оказалось очень трудным. Телеграфные линии, проложенные через моря и океаны, действуют уже более ста лет, тогда как первый телефонный разговор через Атлантику состоялся лишь в конце 1956 г. Установление прямой телефонной связи между Вашингтоном и Москвой — это замечательное достижение техники. Трудность проблемы заключалась в том, что ток, передаваемый по телефонному кабелю, очень быстро ослабевает. Решение было в усилителях, вмонтированных на определенных расстояниях друг от друга на всем протяжении подводного кабеля. Эти усилители должны были быть миниатюрными, гибкими и надежно защищенными от агрессивного действия морской воды. Для достижения этого последнего условия многие детали таких усилителей были покрыты золотом.

Одним из наиболее совершенных методов нанесения золотого покрытия является так называемое катодное распыление. Электрический разряд в разреженном газе сопровождается разрушением катода. Частицы металла, из которого он изготовлен, летят с огромной скоростью и осаждаются не только на металле, но и на других материалах: бумаге, дереве, керамике и т. д. Именно таким способом и покрывал Р. Вуд целлулоидные пленки топ-

чайшим слоем золота, когда работал над разгадкой пурпурного золота Тутанхамона. Способ дает возможность получать тончайшие слои золотого покрытия. Применяется он лишь в специальных работах современной техники, по ажурности выполнения таких, что мастерство ювелиров по сравнению с ними можно назвать «топорностью». Это изготовление специальных зеркал и т. д.

Золотое покрытие, однако, может быть применено не обязательно при изготовлении деталей тончайшей техники, а в больших, как принято говорить, крупногабаритных промышленных установках. Тот, кому приходилось соприкасаться с штамповкой листовой стали, знает, что в отдельных случаях при травлении листов происходит выделение водорода и его атомы внедряются (диффундируют) в поверхность стали. Металл приобретает так называемую водородную хрупкость и при вытяжке его на штампе может давать разрывы. В промышленности существуют аппараты, работающие в атмосфере водорода. Детали таких аппаратов могут приобрести водородную хрупкость (особенно под давлением) и вывести всю установку из строя. Для того чтобы избежать этого, детали покрывают слоем другого металла. Однако не всякое покрытие может этому соответствовать. Одни из них не дают нужной толщины, другие в значительной мере пористы, третьи непригодны для работы в атмосфере водорода. Самым лучшим, отвечающим всем этим требованиям, является тончайшее золотое покрытие, и к нему, несмотря на его дороговизну, приходится прибегать, так как ущерб от водородной хрупкости в промышленной установке обходился бы несоизмеримо дороже.

Слушая голос Шаляпина или Карузо, записанный на грампластинке, мы не задумываемся над тем, что и здесь не обошлось без золота. Голос певца записывается на восковой пластинке. Но восковая пластинка одна, а пластинок, повторяющих ее запись, в продаже тысячи. Для того чтобы приступить к изготовлению огромного количества копий напетой восковой пластинки уже из другого, более жесткого материала с точным воспроизведением всех нанесенных на нее бороздок, нужно изготовить матрицу. С этой матрицы будут печататься пластинки. Для этого на восковую пластинку прежде всего наносят токопроводящий слой. Слой представляет собой тонкий золотой порошок в смеси с графитом, нанесенный мягкой кистью на

вращающуюся пластинку. В других случаях слой представляет собой золото, нанесенное на воск путем восстановления его из солей или же в вакууме упомянутым методом катодного распыления. Для этих целей применяется, правда, и серебро, однако золото предпочтительнее, ибо оно, лишь немного уступая серебру в электропроводности, почти не подвержено коррозии.

## КРАСКИ ЗОЛОТА

Промышленный процесс извлечения золота из руд — цианирование — основан на взаимодействии золота с цианистыми щелочами. В основе другого такого процесса — хлоризации — лежит взаимодействие золота с хлором. Золото не растворяется в сильных кислотах, но его растворяет смесь их, так называемая «царская водка» (3 части соляной и одна часть азотной кислоты). Почему же по отдельности ни соляная, ни азотная кислота не воздействует на золото, а смесь их растворяет этот металл? Дело в том, что в смеси этих кислот образуется соединение хлористый нитрозил, и оно-то наряду со свободным хлором является тем действующим началом, перед которым золото не в состоянии устоять. Существует, однако, кислота, причем далеко не относящаяся к разряду сильных, которая без чьей-либо помощи свободно растворяет золото. Это селенистая кислота. Золотая соль этой кислоты — селенат золота образуется при растворении золота в ней в виде желтых кристаллов. Они нерастворимы в воде, но свободно растворяются как в серной, так и в азотной кислотах, а также и в той же селенистой кислоте (горячей). Действием хлора селенат золота разлагается, давая исходные вещества: золото и селенистую кислоту. Разложения можно добиться и термическим путем. На этом, как уже говорилось, и основывается обработка австралийских золотых руд.

К слову сказать, существует и такое соединение золота, для разложения которого не требуется ни нагрев, ни действие каких-либо химических агентов. Получается оно действием аммиака на соединения трехвалентного золота. Будучи высушенным, оно представляет собой сильно взрывчатое вещество, подобное широкоизвестной гремучей ртути. Отсюда его громкое название — «гремучее золото».



Химические соединения золота также имеют определенное применение в промышленности и наибольшее — хлорное золото. Выдающийся английский ученый М. Фарадей действием на холодный разбавленный раствор этой соли общезвестного формальдегида (40%-ный раствор которого известен как формалин) или же действием фосфора, растворенного в сероуглероде, получил жидкость красивой рубиновой окраски. Это был коллоидный раствор металлического золота в воде. Оно восстанавливалось из соли (хлорного золота) и в виде мельчайших частичек равномерно распределялось по всей жидкости, придавая ей эту замечательную окраску. В науке эта жидкость и название получила — «золото Фарадея». Однако она представляла собой, пожалуй, не более чем научный феномен. Аналогичный ей «кассиев пурпур» получил широкое признание в промышленности. Это тоже коллоидный раствор золота, но в отличие от фарадеевского он включал в себя еще и коллоидную же оловянную кислоту. Получение его сравнительно просто: на раствор хлорного золота действуют двуххлористым оловом. Получается коллоидное золото и олово четыреххлористое. Последнее кипячением осаждают в виде нерастворимой оловянной кислоты. Это, конечно, не подробная, а лишь общая принципиальная схема получения кассиевого пурпура. Его можно получить и просто смешиванием готовых коллоидных растворов золота и оловянной кислоты. В производстве кассиев пурпур широко использовался как краситель фарфора, эмали, стекла и глазури. Применением различной дозировки удавалось получить самые разнообразные оттенки. Больше того, с помощью кассиевого пурпура стали получать прекрасные подделки драгоценных камней.

В стекольной промышленности хлорному золоту принадлежит особое место. Как при помощи кобальта было получено стекло синего цвета, так и при помощи золота получили красное стекло. Золотой рубин, как оно называется, впервые был изготовлен еще в конце XVII столетия химиком Кункелем. Описание способа его получения появилось лишь в 1836 г. Для введения золота в стекловую шихту применяют раствор хлорного золота. Обычно его изготавливают прямо на заводе, растворяя металлическое золото в царской водке, или же пользуются заранее приготовленным дозированным раствором в за-

паянных стеклянных ампулах. При окрашивании стекла в красный цвет изменением дозировки хлорного золота можно получить различные оттенки: от нежно-розового до темно-пурпурного. Лучше всего принимают окраску стекла, содержащие в своем составе свинец. При окраске их для осветления стекла в шихту вводят 0,3—1% «белого мышьяка» (мышьяковистого ангидрида), не мешающего рубиновой окраске. Золота же для окраски требуется 1—3 тысячных долей процента. Как уже сказано, в расплаве стекла окрашивание дают не химические соединения золота, а его металлические коллоидные частицы. Красное стекло необходимо для нужд фотографии, сигнализации, колориметрического анализа и других целей, не говоря уже о производстве художественного стекла.

Красного окрашивания стекла можно достигнуть также введением в шихту не золота, а соединений меди или селена — медный и селеновый рубин. Дешевизна этих материалов по сравнению с золотом, конечно, является неоспоримым преимуществом, однако технологически золото гораздо удобнее. Изготовление медного рубина более сложно: затрудняет непостоянство окраски, сильно зависящее от условий варки стекла. При изготовлении селенового рубина трудность создает выгорание самого селена и серы из сернистого кадмия, который также вводится в шихту. Для художественного стекла золотой рубин наиболее удобен по той причине, что не теряет цвета при работе с паяльной горелкой. Замечательным качеством золотого рубина является и то обстоятельство, что неудавшуюся варку можно исправить последующей переплавкой. Выдающийся специалист по варке стекла профессор Н. Н. Качалов в своей книге «Стекло» высказывает предположение, что процесс изготовления золотого рубина гораздо старше, чем мы здесь указали. Античные стеклоделы использовали золотую фольгу для украшения художественных изделий. Вырезанные из нее рисунки мастера впаивали между двумя слоями стекла. Использование этого приема и повело, по всей вероятности, к открытию золотого рубина, который в дальнейшем приготавливали введением в шихту или расплавленное стекло истертой в порошок золотой фольги.

Как окрашивающее вещество хлорное золото используется также и при рисовании по стеклу и фарфору. Кро-

ме того, его с давних пор применяют в качестве тонизирующего вещества в фотографии. «Выраж-фиксаж с золотом» придает фотоотпечаткам черно-фиолетовый, коричневый и пурпурно-фиолетовый оттенки. Для этих же целей используют и другое соединение золота — аурат натрия (натриевая соль золотой кислоты).

## ЗОЛОТО В МЕДИЦИНЕ

В III—IV вв. китайский химик Ко-Хунг целую главу своего обширного сочинения посвятил описанию приготовления золотых лекарств и пилюлей бессмертия. Естественно, что ни самому ученому, ни одному из его почитателей и последователей эти пилюли не помогли.

Нам неизвестно, какой успех имел основатель медицинской химии Парацельс в XVI столетии, когда использовал препараты золота. Достоверным является лишь его программное высказывание: «не превращение металлов в золото должно быть целью химии, а приготовление лекарств».

Значительно позднее золотые соли были предложены в качестве лекарства против туберкулеза. Это вовсе не было лишено основания: *in vitro*, т. е. вне организма, «в пробирке», эти соли губительно действовали на туберкулезную палочку. Разочарование в такого рода лекарствах вызвало то обстоятельство, что без риска для жизни нельзя было применять эффективную концентрацию золота. Все же если не радикальную, то определенную роль в борьбе с туберкулезом соли золота стали играть и в наше время: введение их в организм повышает его сопротивляемость заболеваниям.

Не столько хлорному золоту, сколько другому его соединению суждено было стать эффективным медицинским средством. Тиосульфат золота и натрия стали с успехом использовать для лечения так называемой эритематозной волчанки. В последующие годы применение нашли органические соединения золота, прежде всего это кризолган (натриевая соль 4-амино-2-ауротиопосалпициловой кислоты), использовавшийся в континентальной Европе для лечения туберкулеза, и трифал, показавший себя как менее токсичное и более эффективное лекарство при лечении эритематозной волчанки. В Советском Союзе синтезировали органический препарат золота для лечения волчан-

ки, а также костного туберкулеза — кризанол (ауротиопропаносульфат кальция).

После открытия радиоактивных изотопов роль золота в медицине значительно повысилась. При лечении злокачественных опухолей сейчас используют радиоактивные коллоиды золота. Они физиологически инертны, и потому необязательно выводить их из организма. Задерживаясь в отдельных областях опухоли, они облучают только пораженные места. Раствор радиоактивных солей золота можно вводить в поверхностно расположенную злокачественную опухоль с помощью шприца. Радиоактивное золото используется также и в виде иголок, стерженьков, бусинок, которые, будучи введены в пораженную ткань, действуют лишь в ее пределах. Создан даже специальный «радиоактивный пистолет», в обойме которого заключены 15 стерженьков радиоактивного золота с периодом полураспада в 2,7 дня.

## ЗОЛОТОЙ КАТАЛИЗ

В самое последнее время появились сообщения о возможности заменить радиоактивным золотом более дорогой металл — платину в качестве катализатора в нефтеперерабатывающей и в других отраслях химической промышленности.

Особенно любопытные перспективы использования каталитических свойств золота намечаются в области сверхскоростных полетов. Известно, что на высоте свыше 80 км в атмосфере находится большое количество атомарного кислорода. При объединении отдельных атомов кислорода в молекулу выделяется значительное количество тепла. Ускорителем такого процесса является золото. Если воздух двигателем сверхскоростного реактивного самолета будет забираться на такую высоту, то горючего, как это ни кажется странным, не понадобится. Достаточно будет лишь одного катализатора — золота. Отпадает нужда и в ряде деталей двигателя: форсунках, распылителях, стабилизаторах пламени, все это окажется излишним и, таким образом, приведет к облегчению самолета и к большим возможностям в увеличении полезного груза. Двигатель нового типа представит собой трубу, проходя через которую атмосферный атомарный кислород, встречаясь с катализатором, объединяется в молекулы с выделением

энергии. От распыления катализатора в такой трубе-камере отказались не только из-за того, что это расточительно, но и по той причине, что, выбрасываясь из двигателя, катализатор «поджигал» бы окружающий воздух, лишив тем самым самолет его двигательной силы. Конструкторы остановились на другом решении: поместить в трубе вольфрамовую решетку, покрытую золотом. Научный поиск в этом направлении продолжается.

## ЗОЛОТО В ЭЛЕКТРОННОЙ И ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНИКЕ

Когда мы говорили о «золотых печатях», то указывали, что они пригодны для некоторых типов радиоламп. Среди последних много и таких, которые требуют более прочных соединений. Радиолокация, телевидение, передающие устройства в таких лампах очень нуждаются. Разнообразие применяемых металлов и сложность их конструкции заставляют прибегать к пайке. Далеко не всякий припой пригоден для этой цели. Такие металлы, как цинк и кадмий, исключены из их состава ввиду того, что при большом нагреве лампы они могут осаждаться на конструктивно важных местах, разрушать катод и ухудшать вакуум. Существует набор припоев для пайки радиоламп, в котором предусмотрены для каждого из них определенные температуры плавления. Особое место среди них принадлежит золотосодержащим припоям. Так, для интервала  $980-1010^{\circ}\text{C}$  создан припой из 70% меди и 30% золота. Для более узкого диапазона ( $950-990^{\circ}\text{C}$ ) — сплав из 62,5% меди и 37,5% золота. Для температуры, несколько превышающей  $890^{\circ}\text{C}$ , хорош припой из 80% золота и 20% меди. Все это двухкомпонентные сплавы, но наряду с ними применение получили и золотые припои, включающие в себя три металла, например золотомедноникелевый, плавящийся в интервале  $980-1025^{\circ}\text{C}$ . Из двухкомпонентных сплавов весьма любимы припой, плавящийся всего лишь при  $425^{\circ}\text{C}$  — 75% золота и 25% индия. Неудобством его является то, что он в отличие от других непластичен. Его не удастся получить в виде прутка или проволоки, а применять приходится только в порошкообразном состоянии. Несомненным достоинством этих припоев является то, что они хорошо выдерживают вакуум и атмосферу водорода.

В радиолампе, как известно, имеются катод и анод. При нагреве ее происходит эмиссия электронов, т. е. выход их из поверхности анода и устремление к катоду. В качестве материалов анода используются тугоплавкие металлы, в частности молибден. Последние работы показали, что золото может найти применение в радиолампах не только как скрепляющий материал, но и как рабочее вещество. Если на стеклянную или кварцевую пластинку нанести слой золота толщиной всего несколько микрон и приложить к ее концам определенную разность потенциалов, то также можно наблюдать эмиссию электронов, но в отличие от обычной не при большом нагреве, а почти при комнатной температуре. Это свойство золотого слоя открывает широкие возможности в производстве электронных ламп нового типа.

Хорошо известно, что в ряде случаев радиолампы заменяются полупроводниками. Полупроводниковая техника имеет дело со сверхчистыми материалами, для получения которых требуется исключительно тонкая технология. Немалое место в этой технологии отведено золоту. Прежде всего это относится к получению чистых кристаллов полупроводников, таких как кремний и германий.

Кристаллизацию можно провести из раствора, но, как показала практика, гораздо выгоднее кристаллизация из расплава. Так, кристаллы чистого кремния получают из 6%-ного его расплава в золоте. Скорость роста кристаллов из расплава значительно повышается. Такой способ приобретает особое значение при получении профилированных кристаллов в форме тонких стержней, проволоки, пластинок и подобных заготовок.

Любопытен метод выращивания «усов» — кристаллов нитевидной формы. Центральное место здесь принадлежит золоту. Схематично он заключается в следующем. На пластинке монокристаллического кремния расплавляют маленькие кусочки золота. Ввиду того что при этом кремний частично растворяется в золоте, каждая капля будет представлять собой насыщенный раствор. Над каплями пропускают смесь газов: четыреххлористого кремния и водорода. Происходит каталитическое восстановление кремния водородом из первого газа. Этот восстановленный кремний поступает в расплавленную каплю золота. Раствор в ней становится пересыщенным, и кремний кристаллизуется на поверхности подложки. Так как

смесь газов продолжают пропускать над пластинкой, то происходит рост кристалла, который поднимает на себе капельку золотого расплава. В итоге образуется нитевидный кристалл, по сечению своему точно соответствующий диаметру капли. Таким образом, как мы видим, происходит кристаллизация из пара через «передаточную жидкость» — золотую каплю.

Для того чтобы выяснить кристаллическую структуру металла, его поверхность подвергают травлению кислотами, после чего рассматривают ее в отраженном свете через металлографический микроскоп. Полупроводниковые материалы также нуждаются в подобном исследовании: важно знать не только структуру, но и ориентацию кристаллов. Однако травильные растворы, применяющиеся в первом случае, для выявления структуры полупроводников непригодны. Травление полупроводниковых материалов проводят расплавленными металлами, что позволяет производить замеры с большей точностью. Наряду с индием, галлием, алюминием, свинцом, оловом одним из таких металлов-травителей для германия является золото.

Для некоторых нужд кристаллы полупроводников легируются — в их поверхность вводятся небольшие количества постороннего элемента. В качестве присадки в кристаллах кремния и германия применяют и золото. Нитевидные кристаллы-стерженьки приходится присоединять к проводнику. Это осуществляется с помощью золота или его сплава с германием.

Полупроводниковая технология требует чуть ли не фантастической тонкости и четкости. Трудно отличить ее от чисто научного эксперимента.

## ЗОЛОТО В НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЯХ

Прославленный английский химик Г. Дэви, как и весь научный мир того времени, был заинтересован замечательным экспериментом В. Никольсона и А. Карлейля. В 1800 г. удалось разложить воду на ее составные части воздействием электрического тока. Неясен для ученых был тогда вопрос, откуда в обыкновенной воде, когда через нее проходил электрический ток, появляются кислоты или щелочи. Многие склонялись к тому мнению, что ток сам создает кислоты и щелочи. Дэви отрицал это. Он был

убежден, что последние образуются из ничтожнейших примесей, содержащихся как в металле пластин (электродов), так и в стекле сосуда. Чтобы разрешить вопрос, Дэви изготовил сосуд для воды из чистого золота, поместил его под колпак и откачал воздух. По включении тока пошел электролиз, но кислоты и щелочи в электролите не появились. За свой доклад об опыте с золотой ванной, полученный 20 ноября 1806 г. Королевским научным обществом (английская Академия наук), молодой ученый был награжден во Франции золотой медалью и премией имени Вольты. В последующих своих экспериментах Дэви часто обращался к платине, как индифферентному металлу. Почему же тогда он избрал золото? По той простой причине, что платина тогда еще мало была изучена и золото в то время было наиболее инертным металлом. Едва ли можно сказать, что Дэви был оригинален в этом использовании золота. Известно, что А. Лавуазье сжег алмаз и тем самым указал на его связь с углеродом. Но это было лишь качественным определением. В 1797 г. английский химик Теннан весовым анализом установил, что алмаз представляет собой чистый углерод. Для этого он сжег алмаз в плотно закрытом, наполненном кислородом золотом футляре.

Когда была открыта радиоактивность, то весь ученый мир был заинтересован природой лучей, испускаемых радием. П. Кюри, испытывая влияние на эти лучи магнитного поля, нашел, что бета-лучи при этом резко изгибаются, а альфа-лучи летят прямо вперед. Резерфорд решил повторить это исследование, но более тонко. Одним из приемов улучшения чувствительности в опыте Резерфорда было использование сконструированного им электроскопа с золотыми листочками. Легкий золотой листочек, подвешенный на петельке, предварительно получал электрический заряд и отклонялся на какой-то угол от вертикального положения. Конструируя свой электроскоп, Резерфорд использовал открытие де Фая, сделанное им еще в 1733 г. Этот ученый установил тогда, что тонкие листки золота отталкиваются от натертого шелком стекла и в то же время притягиваются к копалу (вид смолы), натертому шерстью. От этого опыта и пошло тогда определение «стеклянного» и «смоляного» электричества, что в нашем понятии соответствует положительному и отрицательному заряду. Пропуская через щели, расположен-



ные под электроскопом, альфа-частицы, Резерфорд достигал ионизации атомов водорода, в атмосфере которого проводился опыт, и наблюдал, как ионами снимался заряд с золотого листочка, и он принимал вертикальное положение. С помощью шкалы, отмечающей скорость опускания листочка, Резерфорд смог определить интенсивность альфа-излучения. Накладывая магнитное поле, он наблюдал, что скорость опускания золотого листочка уменьшается, что говорило об отклонении альфа-лучей в сторону. С помощью золотого листочка ученый установил, что альфа-частицы заряжены положительно, что они обладают значительно большей массой, чем бета-частицы, что они движутся с огромными скоростями.

В дальнейшем Резерфорд сумел показать, что альфа-частицы — не что иное, как ионизированные атомы гелия. Работы этого ученого привели к переоценке существовавших тогда понятий о строении вещества. Начались же они с золотого листочка. Почему же именно золото избрал в этом случае Резерфорд? Нужно было иметь листочек как можно меньшей толщины. Пластичность золота как нельзя лучше соответствовала этому требованию. Ведь у старинных мастеров листочки золота толщиной, соизмеримой с толщиной листа бумаги, были всего лишь исходным продуктом для изготовления фольги.

Продолжая свои эксперименты, Резерфорд вместе с Гейгером сконструировали трубку, в которой на пути прохождения альфа-частиц помещался диск с щелевидным отверстием. Из трубки выкачивали воздух, и на торцевой ее части устанавливали экран, покрытый сульфидом цинка. Через микроскоп можно было наблюдать, как на экране вырисовывается резко очерченная полоска света, соответствующая щелевидному отверстию. Это отверстие в опыте закрывалось золотым листом, и тогда полоска света расплывалась, теряя свои очертания. Вывод напрашивался сам собой: проходя через золотой листок, альфа-частицы искривляют траекторию своего полета. С первого взгляда, это не столь уж значительный факт, однако он в дальнейшем привел к целой революции в понятии о строении атома. К тому времени последнее слово в этом вопросе было сказано учителем Резерфорда Дж. Дж. Томсоном. По его представлениям, атом был «вроде пудинга с изюмом». Электроны были равномерно распределены по всей массе атома. Опыт Резерфорда по-

казал, что в атоме есть какая-то сила, способная отклонить от себя быстро летящие альфа-частицы, причем сила эта — не во всем объеме атома, а сосредоточена только в небольшом его пространстве. Подтверждение этому было получено в таком эксперименте. Прямой путь альфа-частицам к экрану был прегражден свинцовым блоком. Под косым углом они направлялись на золотую фольгу, и часть из них вместо того, чтобы пройти фольгу насквозь, отражалась и попадала на экран, вызывая спинтилляционную вспышку. Как выразился сам Резерфорд, «это было почти неправдоподобно, как если бы Вы выстрелили пятнадцатифунтовым снарядом в листок папиросной бумаги, и снаряд отскочил бы обратно и поразил Вас». Предстояло выяснить, от поверхности ли золота отражаются альфа-частицы или они проникают в толщу металла. Стали укладывать золотые листочки пачками и нашли, что чем толще пачка, тем больше рассеяние альфа-частиц. Ответ был однозначным: альфа-частицы проникают в атомы металла и там наталкиваются на какую-то преграду, способную мощным толчком отбросить их. Так Резерфорд пришел к представлению о положительно заряженном ядре атома, сосредоточившим в себе всю основную его массу, и об электронах, расположенных от ядра на значительных расстояниях. Во всех этих экспериментах вспомогательным материалом было золото.

Почему же именно к нему обратился Резерфорд? Это станет ясным, если взглянуть на Периодическую систему элементов Д. И. Менделеева. Для отражения альфа-частиц Резерфорд подбирал металлы с большей массой. Чем выше был атомный вес металла, тем большее число альфа-частиц от него отражалось. Какой же из металлов мог лучше соответствовать этому требованию? Осмий, придий, платина имеют меньший атомный вес, чем золото. Самые тяжелые металлы — уран и торий для этой цели явно не подходили, так как сами были радиоактивными. Полоний и таллий были очень редки (полоний к тому же и радиоактивен). Элементы № 85 и 87 (астат и франций) еще не значились как открытые. Оставались золото, ртуть, свинец и висмут. Из двух последних приготовить фольгу очень нелегко. Ртуть — жидкость. Оставалось золото — металл с высокой пластичностью. Конечно, Резерфорд не ограничивался золотым отражателем, он пробовал и платину, и олово, и серебро, и медь, и железо.

и алюминий. Именно эти пробы и привели его к заключению, что наилучшим металлом для его экспериментов будет золото.

Начало второй половины XIX в. ознаменовалось в физике открытием катодных лучей. С ними работали и их изучали в течение нескольких десятилетий самые известные ученые, но вопрос о их природе долгое время оставался весьма неясным. Сейчас нам очень просто сказать, что катодные лучи это поток электронов, вырывающихся из поверхности катода и летящих к аноду в разреженном пространстве (вакууме). В то же время не существовало и самого понятия «электрон». Предположение о том, что от атома может отделяться какая-то частица, считалось чуть ли не еретическим в науке. Именно за это английский ученый Крукса, исследовавший катодные лучи, Г. Герц, открывший радиоволны, публично назвал сумасшедшим. И самое парадоксальное в том, что именно этому ученому удалось поставить эксперимент, явившийся ступенькой к открытию Дж. Дж. Томсоном электрона. В трубку Крукса Герц поместил пластинку из уранового стекла, отличающегося сильной флюоресценцией при облучении катодными лучами. Прежде чем достигнуть поверхности пластинки лучи должны были пройти через прозрачный листок золота (пластичность этого металла, как известно, допускает получение такой тонкой фольги) и листок слюды. Оказалось, что золото пропускает катодные лучи, тогда как прозрачная для обычного света слюда задерживает их. Сейчас мы хорошо представляем себе, что иначе не могло быть: слюда — прекрасный электронизолатор, а золото — один из лучших проводников электрического тока.

Первой научной работой выдающегося физика Ф. Жолио-Кюри было изучение насыщенных растворов солей радиоактивных элементов. В его опытах эти элементы выделялись на электроде — тончайший слой золота, осажденный на слюдяную пластинку. С помощью ионизационной камеры, установленной за электродом, удавалось регистрировать излучение и следить за скоростью осаждения радиоактивных элементов. Тончайший слой золота был достаточен для того, чтобы служить электродом, но в то же время не представлял препятствия на пути альфа-частиц. Этому слою золота, как инструменту научных исследований, ученый уделил особое внимание. Он стал

изготавливать его без подложки. Собственно говоря, подложка была, но ее существование было только временным этапом. Осаждая золото на целлулоиде, Жюлио-Кюри растворял затем подложку в ацетоне, получая таким образом золотые пластинки толщиной в несколько десятков миллимикрон. После Жюлио-Кюри английский физик Дж. Дж. Томсон обратился к его методу получения тончайших золотых пластинок при изучении электронов.

Н. Бор на одном из научных коллоквиумов высказал предположение, что энергия попавшего в ядро медленно-го нейтрона распределяется между частицами ядра, на что потребуется определенный промежуток времени. Для экспериментальной проверки этой идеи «компаунд-ядра» ученые О. Фриш и Г. Плачек измеряли поглощение медленных нейтронов в некоторых элементах. Им удалось показать, что в золоте резонируют нейтроны с энергией всего несколько электронвольт — во много тысяч раз меньше, чем предполагали ранее. Фриш и Плачек блестяще подтвердили экспериментом идею Бора о компаунд-ядре, но при этом им пришлось израсходовать порядочный кусок золота. Для того чтобы довести свои измерения до конечного результата, они воспользовались нобелевскими золотыми медалями, которые друзья Бора, опасаясь нацистов, оставили у него на хранение.

Об использовании золота в современной атомной промышленности в качестве золотого припоя и уплотняющих колец циклотронов уже сказано. Огромнейшая работа ведется сейчас учеными по созданию так называемых транс-урановых элементов, находящихся за ураном по своему положению в таблице Менделеева. Элементы № 93 и 94 (нептуний и плутоний) приобрели печальную известность вскоре после того, как человечество потряс атомный взрыв над Хиросимой. Когда получали элемент № 101, то применили новый прием, получивший название метода отдачи. Заключался он в том, что небольшое количество элемента № 98 эйнштейния (в свою очередь полученного искусственно) помещалось на очень тонкую золотую фольгу-мишень. В экспериментах, проводимых до этого, обстреливаемый элемент встречал «снаряды» в лоб. Здесь же было иное: эйнштейний помещался не на передней, а на задней стороне золотой фольги по отношению к потоку ядер гелия (альфа-частиц). В случае захвата альфа-частиц атомами эйнштейния эти последние превраща-

лись в элемент № 101 и, выбитые с золотой мишени, попадали на вторую золотую фольгу-сборник. Эта золотая фольга была немедленно растворена, золото и непрореагировавший эйнштейний, бывший на ней, отделены ионообменными смолами. Несколько капель раствора, заключавшего новый элемент, были высушены на платине и счетчик зарегистрировал рождение менделевия.

Золото, как уже говорилось, в процессе амальгамации собирается ртутью. В исследованиях современных ученых это свойство используется для получения обратного эффекта: улавливания ртути золотом. При изучении адсорбционной способности тех или иных материалов приходится проводить подсчет количества и размеров пор сорбента. В приборе, предназначенном для этого, создается вакуум. Герметичность прибора обеспечивается ртутным затвором. При этом создается опасность проникновения в прибор ртутных паров, что, безусловно, исказит результат измерений. Во избежание такой неприятности в приборе устанавливается «золотая ловушка», представляющая собой пластинку или «метелку» из золота, поглощающего «прорвавшиеся» пары ртути.

Уже говорилось, что из золота можно приготовить коллоидный раствор. Коллоиды разделяются на лиофобные и лиофильные. Первые из них отличаются высокой чувствительностью к прибавлению солей-электролитов: частички слипаются, образуя хлопья, и из раствора выпадают. В ряде случаев это затрудняет физико-химические измерения. Коллоидный раствор золота — типичный представитель лиофобной системы. Однако можно, оказавшись, предотвратить нежелательное явление добавлением в такой раствор лиофильного коллоида, у которого коагуляция (выпадение в осадок) обратима. Таким образом, лиофильные коллоиды проявляют свое защитное действие по отношению к лиофобным. В таких аналитических исследованиях требуется знать степень этого защитного действия, которая, конечно, неодинакова для различных веществ. В настоящее время условились выражать ее так называемым «золотым числом», предложенным ученым Жигмонди, которое представляет собой необходимое количество миллиграммов лиофильного коллоида для «защиты» 10 мл коллоидного раствора золота от коагулирующего действия на него 1 мл 10%-ного раствора хлористого натрия.

Выше рассказано, как получают стекло замечательного красного цвета — «золотой рубин». Но окраска эта зависит от размера коллоидных частиц золота. Спиртовые растворы коллоидного золота синей окраски были получены еще в начале нашего столетия. Стекловары же получают с помощью коллоидного золота стекла не только красного, но и лилового цвета, правда, в большинстве своем «заглушенные», т. е. со сниженной прозрачностью. Как правило, для изготовления «золотого рубина» используют хлорное золото. Это же соединение не безразлично и тем, кто проводит биологические эксперименты. В концентрации 1:30 000 оно слегка тормозит спиртовое брожение, в 1:3000 значительно его угнетает, а в соотношении 1:200 полностью останавливает.

Радиоактивные изотопы золота применимы не только в медицине. Они могут быть использованы в установках по улавливанию пыли и газов; как показывают экспериментальные исследования, они повышают эффективность сжижения топлива на 50%.

В свое время американцы намеревались использовать замечательную пластичность золота для изготовления «молекулярного сита». Прокатали несколько тысяч тонн драгоценного металла и получили тончайшую фольгу, предназначенную для отделения изотопа урана —  $U^{235}$ . Эксперимент тогда не удался, и золото снова обратили в слитки. По зарубежным данным золотая пленка надежно служит в двигателях космических кораблей. Тефлон (фторопласт-4) обладает высокой химической и термической стойкостью, но для некоторых видов топлива высокой энергии он проницаем. Утечку топлива снижают в 1000 раз путем нанесения на тефлон тончайшей пленки золота.

Эти краткие примеры, конечно, не охватывают всех возможностей использования золота при тончайших научных экспериментах. Они лишь наглядно иллюстрируют наиболее любопытные.

\*   \*   \*

†

Что же можно сказать в заключение? Новейшая техника привлекает для своих нужд все существующие химические элементы, и роль золота среди них далеко не последняя. От установившегося взгляда на золото как на

бесполезный для техники металл в наше время приходится отказаться.

В данном разделе читатель ознакомился с широким использованием золота в технике в виде сплавов с серебром, медью, платиной, никелем, оловом и другими металлами.

Как сварочный материал этот металл и его сплавы нашли широкое применение в деталях реактивных двигателей, ракет, ядерных реакторов, плавких и электрических контактов в электропечах и т. д.

Золото — эффективное покрытие для отражения тепла и света (американские «спутники» были покрыты тончайшим слоем золота 0,001—0,04 мкм).

Это далеко не полный перечень использования золота в промышленности. Уже сейчас из всего добываемого мирового золота 20—25% идет на технические нужды.

Ag

## СЕРЕБРО ЧЕРЕЗ ВЕКА И СТРАНЫ

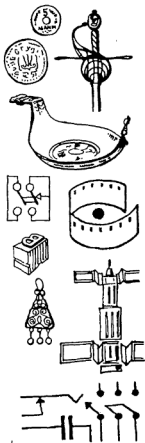
### СЕРЕБРО В ДРЕВНОСТИ

Если золото древние называли металлом Солнца, то серебро считалось металлом Луны. Само слово «серебро» происходит, по видимому, от ассирийского «сарпу», что означает «серп», а также Луну.

Самородное серебро встречается в природе значительно реже золота. Нередко в рудах серебро сопутствует золоту.

Древнейшие лидийские монеты (VII в. до н. э.) были изготовлены из сплава серебра и золота. Позднее в греческом городе Эгине была организована чеканка серебряных монет. Новые монеты быстро распространились по всей Греции, в Персии, а затем у римлян и других народов. В рабовладельческих государствах древнего Востока серебро ценилось высоко (наряду с медью): руды этих металлов добывали хетты на территории нынешней Малой Азии. Мирный договор, заключенный после длительной борьбы между египетским фараоном Рамзесом II и хеттами, был выгравирован на серебряных досках около 1270 г. до н. э.

Лучшие мореплаватели древнего мира — финикийяне — приезжали в Иберию и Лузитанию (на территории нынешней Испании) и обменивали свои то-



СЕРЕБРО



вары на золото и серебро. Позднее финикийцы организовали разработку золотых и серебряных руд на многих территориях средиземноморского побережья.

В Греции были знамениты лаврийские серебряные рудники, приносившие огромный доход Афинам. На них трудились закованные в цепи рабы и преступники. Запасы золота и серебра в Греции возросли в IV в. до н. э., но это произошло не за счет увеличения объемов добычи; причиной были торговля и завоевания Александра Македонского. Кроме лаврийских рудников, широкой известностью пользовались и рудники фракийских владений Греции. Там также добывалось серебро.

Выиграв вторую Пуническую войну (III в. до н. э.) у Карфагена, римляне стали владельцами испанских серебряных рудников. До 40000 рабов были заняты добычей серебра для римской державы у города Нового Карфагена.

Неравномерность в накоплении золота и серебра в различных странах породила одну из первых валютных спекуляций, механизм которой состоял в следующем. Город Пантикапея (на месте нынешней Керчи в Крыму) вел оживленную торговлю с соседями, в частности со скифами. О золоте скифов ходили легенды. Прилив золота в Пантикапею понизил его стоимость до того, что за одну его весовую единицу давали только семь весовых единиц серебра. В самой же метрополии (т. е. в Греции) в золоте нуждались, и там оно не было так дешево; соотношение стоимостей золота и серебра все время соответствовало пропорции 1 : 10. Предприимчивые афиняне везли лаврийские «совушки» (монеты с изображением совы) в Пантикапею и там по сниженной цене закупали на них золото, которое затем перепродавали в Грецию по повышенному курсу. Столь выгодная комбинация практиковалась афинянами до тех пор, пока в Пелопонесской войне они не потеряли своего преобладания на торговых путях в Черном море.

Чеканка монеты была не только искусством, но и прежде всего государственным делом. Денежная единица римлян называлась денарием от латинского слова «десять», что означало ее равноценность десяти фунтам меди. Выделывались такие денарии в последнем веке до нашего летоисчисления на монетном дворе при храме богини Юноны, которую звали также и Монетой (предупредительницей). На лицевой стороне денежной единицы была

изображена голова богини с надписью «Монета». Это слово, как общее название для всех металлических денег, сохранилось повсеместно до наших дней.

## СЕРЕБРО В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ

Падение колосса древнего мира — Римской империи — повлекло за собой прекращение добычи серебра и золота. Лишь в VIII столетии стали вновь разрабатываться серебряные рудники, причем нельзя с уверенностью сказать, было ли это эксплуатацией прежних выработок или открытием новых. В XI и XII вв. определенно возродилась добыча серебра и золота в тех самых местах, где она проводилась, как в глубокой древности, так и при владычестве римлян. Известность приобрели залежи серебряных руд в горном массиве Гарца. Серебро добывалось на территории нынешних Венгрии, Австрии, Чехословакии.

К концу XII в. австрийские князья превратили экспорт денег в монополию (основная добыча была сосредоточена не в самой Австрии, а в Венгрии): ввоз иностранных денег запрещался; серебро и золото можно было продавать только короне. Серебряные монеты экспортировались из Австрии во все страны христианского мира. Самой известной монетой была «эстерлинг». От нее и до сего времени сохранилось название денежной единицы «фунт стерлингов».

Из-за обладания серебряными рудниками периодически возникали войны; сопровождавшие их эпидемии и пожары прерывали добычу драгоценного металла. Однако потребность в серебре была велика и рудники восстанавливали, в забой вновь спускались добытчики руды. Эти первые горнорабочие (рудокопы и плавильщики) жестоко эксплуатировались. Большая заинтересованность в драгоценном металле со стороны владельцев рудников вынудила их дать некоторые привилегии горнякам. Это выразилось в горном праве, которое получили наиболее крупные серебряные рудники. В соответствии с горным правом рудокоп не был прикреплен к определенному месту и мог работать на любом руднике по собственному выбору; он часто имел право пользоваться окружающим лесом для крепления шахт и для выжигания угля, и, кроме того, горняк освобождался от несения воинских обязанностей. В районах горных разработок возникали города, и в соот-

ветствии с горным правом на них распространялись привилегии.

По мере развития средневековых государств серебро расходовалось во все возрастающих количествах — для чеканки монеты, изготовления столовой посуды, ювелирных изделий, предметов культа. Непрерывным потоком шло серебро из Средней Азии. Генуэзцы обосновались в Крыму, и туда, в Кафу (Феодосия), для вывоза в Европу доставлялось серебро из мингрельских рудников.

Подлинным бедствием стала фальшивая монета. Разорившиеся бароны устраивали в своих замках подпольные монетные дворы и, скупив хорошую монету, переплавляли ее в сплав с медью. Получив более дешевый сплав, они чеканили из него монету.

Когда мы сейчас говорим «грошовый», то обозначаем этим что-то мизерное, сопоставляемое с самой мелкой монетой, уже вышедшей из употребления. А в средние века грош был весьма полновесной монетой; это был так называемый большой (гросс) или толстый денарий, но от непрерывной порчи монеты стоимость его так выродилась, что слово «грош» стало обозначать самую маленькую, ничтожную монету. Как катастрофично было это вырождение, можно видеть на примере кельнского пфеннига, который до 1280 г. весил 1,315 грамма серебра, а через столетие содержал его не больше 0,075 грамма!

Нехватка серебра остро ощущалась не только в Европе, но и на всем мусульманском Востоке. В Средней Азии серебряный кризис наметился к концу X в. и распространился на запад до границ Византии. Работа на многих рудниках замерла, так как отдельные месторождения были полностью выработаны, на других после отработки приповерхностных рудных тел нужно было переходить на глубокие горизонты, что было невозможно при технике того времени. Поэтому многие полиметаллические месторождения были заброшены. Серебряный кризис привел к тому, что «облегченные» серебряные монеты обращались только во внутренней торговле и беспрерывно тощали. Восточные властители стали прибегать к принудительному курсу. Так, повелитель Хорезма Мухаммед выпустил серебряные дирхемы в медном исполнении с надписью: «Перед тобой дирхемы». На некоторых медных посеребренных монетах выбивались такие предписания: «Кто монету не возьмет, тому смерть». По сообщениям арабских историков того

времени, вместо монеты предпочитали брать... хлебные лепешки, которые «разменивали», разрезая на половинки, четвертушки, осьмушки. Серебро вздорожало и за 1 грамм золота его стали давать уже не 10, а только 7 граммов.

## ЗАОКЕАНСКОЕ СЕРЕБРО

Открытие Нового Света и продвижение испанцев в глубь южноамериканского континента сопровождалось освоением все новых и новых серебряных месторождений. Руды были исключительно богатые и вылавка из них серебра не представляла больших трудностей. Обходились даже без дутья: сильный ветер на возвышенностях был вполне достаточным для этого. Мексиканское серебро широким потоком полилось в Испанию. Галеоны, нагруженные драгоценным металлом, конвоировались знаменитой серебряной флотилией, так как добыть богатство оказывалось делом более легким, чем в сохранности доставить его в Испанию сквозь многочисленные пиратские флотилии.

Сенсацией было открытие богатейшей серебряной сокровищницы — горы Потоси (нынешняя Боливия). За вторую половину XVI в. только оттуда в Испанию было перевезено свыше 7 т серебра. К началу XVII в. сказочные богатства этой горы иссякли — добыча все более и более снижалась. И вдруг разработки дошли до новой богатой серебром залежи. И еще свыше 200 лет выдавала серебро удивительная гора, и лишь к началу XIX в. добыча там почти прекратилась. Из 1800 рудников работу продолжали лишь 25. К слову сказать, через 100 лет слава этой горы возродилась, но поводом послужили оловянные руды.

Весьма способствовал усиленной добыче серебра в Латинской Америке декрет короля Филиппа II, разрешивший всем испанцам вести разведку и разработку рудных залежей даже на чужих землях, если только в пользу короля отчисляется пятая доля всего добытого. Это была поощрительная мера, подобная той, к которой в последующие годы прибегнул в России Петр I.

## СЕРЕБРО В XIX ВЕКЕ

В начале XIX в. Испания потеряла свои владения в Америке. Это вынудило вести поиски месторождений серебра на своей территории. К 1845 г. в Испании были от-

крыты три богатых свинцово-серебряных месторождения. К середине столетия стала увеличиваться добыча серебра в Англии, Швеции, Франции. Вслед за золотой лихорадкой в Калифорнии в соседней Неваде разгорелась лихорадка серебряная. Из знаменитой Комстокской залежи за 7 лет извлекали серебра на 237 млн. долларов.

Отдельные мелкие самородки находили в России — на Урале и в Саянах. А вот, например, одно из самых последних сообщений: при разведке золота в Магаданской области весной 1967 г. геологическая партия в одном из ручьев нашла два серебряных самородка весом по 50 г.

Известно, что нахождение в недрах самородного серебра подчас использовалось авантюристами. Во время «Невадского бума» не раз «подсаливали» рудники, т. е. сваливали в шахту на каком-нибудь бросовом участке воз богатой руды. Финансовая операция заканчивалась тем, что по опробовании покупатель приобретал за огромные деньги участок, на котором его ждало разорение. Иногда в таких случаях в шахту подбрасывались и слиточки серебра, которые принимались за мелкие самородки. Один раз на таком «самородном» серебре обнаружили даже остаток надписи «...нных Штатов Ам...»: шахту «подсолили» переплавленными монетами.

Своей высшей точки невадский «серебряный бум» достиг в 1868 г. В американские банки широким потоком вливалось не только калифорнийское золото, но и невадское серебро. Соединенные Штаты богатели, становились, экономически все более сильной державой. Увеличение объемов добычи серебра в США и Мексике, в особенности с 1873 г., повлияло на падение цены на него в Европе. На американских заводах выплавлялось из руд и очищалось серебро, добытое не только внутри страны, но и в Мексике, Центральной и Южной Америке, а затем и в Канаде. Вывоз же этого драгоценного металла в Европу и в Азию из Соединенных Штатов проводился при посредничестве Лондонской биржи. Владея многочисленными колониями в Азии, Великобритания имела возможность быть хозяйкой серебряного рынка. Наиболее значительными потребителями серебра были Индия и Китай, и Соединенным Штатам приходилось считаться с английскими интересами при поставке туда своего серебра. В таких странах серебро служило не только материалом изготовления мелкой монеты, но и основой баланса международной торговли.

Потребность в серебре росла, превышая размеры его добычи. Для высвобождения серебра в денежный оборот из других отраслей производства еще в начале XIX в. была назначена высокая премия за рецепт нового сплава для столовой посуды. Сплав должен был быть похожим на серебро как по цвету и блеску, так и по своей антикоррозийной устойчивости. В среде химиков и металлургов это вызвало исследовательскую горячку. Было предложено несколько рецептов такого сплава. Названия их говорили о серебре, хотя серебро в сплаве отсутствовало: аргентан — «подобный серебру», нейзильбер — «новое серебро», «немецкое серебро», «китайское серебро» и т. д. Уже в 1825 г. был основан завод по производству нейзильбера. Все эти заменители серебра представляли собой медноникелевые сплавы. Так как к тому времени были открыты и начали интенсивно разрабатываться богатые никелевые месторождения, то проблема получила свое разрешение. К мысли дать рецепт сплава именно из этих металлов привело химиков изучение сплава «пекфонг», изделия из которого (гонги) не поддавались коррозии во влажном тропическом климате в течение длительного периода времени. Из этого же «пекфонга» изготавливалась еще в III в. до н. э. и монета древнего туркестанского государства Бактрии. Бурное и усиленное развитие заменителей серебра привело к тому, что серебро потеснили из основной его сферы — валютной. Уже в середине XIX в. правительства некоторых европейских государств решили, что мелкую монету с успехом можно чеканить не из серебра, а из медноникелевых сплавов и, таким образом, еще более сохранить драгоценный металл для валютных операций. И вот сначала в Швейцарии, а затем в США, Бельгии, Германии в обиходе появились монеты из сплава, близкого по составу к тому, что использовали древние бактрийцы. Постепенно почти все государства мира изъяли из обращения серебряную монету.

Одной из последних стран, сделавших этот шаг, была Канада. В 1966 г. она оставила в ходу лишь долларовую монету из серебра.

### *Серебро сегодня*

Миновало время, когда серебряная флотилия доставляла слитки драгоценного металла из Америки в Европу и серебряные брусы в Неваде грузились в почтовые ди-

лижансы. Давно уже выработана легендарная гора Потоси и многие богатые месторождения серебряных руд. На долю мощной современной техники достались бедные месторождения серебра, главным образом полиметаллические. Из собственно серебряных руд в зарубежных странах сейчас добывается 20% общего количества серебра и с каждым годом этот процент убывает. А остальные 80% серебра получают при переработке свинцовых, цинковых, медных, кобальтовых, никелевых, золотых и даже урановых руд.

Основным же поставщиком серебра за рубежом являются свинцово-цинковые месторождения; на их долю приходится почти 50% общей добычи. Из медных и медно-никелевых месторождений извлекается еще около 18%, а из месторождений золота — примерно 10%.

В СССР уральское серебро извлекается в основном из медноколчеданных руд; среднеазиатское — из свинцово-цинковых; серебро Казахстана приурочено к свинцово-медноколчеданным руд; среднеазиатское — из свинцово-цинковым, медным, золотым рудам; Сибирь, Кавказ поставляют серебро из полиметаллических руд.

За рубежом ведущие позиции в производстве серебра по-прежнему занимает Мексика. И это, несмотря на то, что серебро добывается там непрерывно со времени испанского завоевания. Запасы этого металла в Мексике и сейчас велики. Руды некоторых месторождений чисто серебряные с содержанием этого металла до 600 г на 1 т руды. Но не они являются основой серебряного производства. Главное серебряное богатство Мексики составляют залежи свинцово-цинковых руд, в которых содержание серебра составляет 300—500 г на 1 т руды. Многочисленны в Мексике и месторождения руд, в которых серебра от 170 до 560 г/т и, кроме того, от 1 до 23 г/т золота.

В США основная добыча осуществляется из залежей медных, свинцово-цинковых, а также золотых руд. Наряду с полиметаллическими имеются также и собственно серебряные месторождения, которые, хотя и немногочисленны по сравнению с первыми, но отличаются высоким содержанием драгоценного металла — до 1500 г/т. Как и прежде, США выплавляют не только серебро, добытое из собственных месторождений, но и из рудных концентратов, поступающих из других государств. На тех же заводах проводится очистка и аффинаж черновых серебряных

слитков из Канады и Мексики, а также стран Центральной и Южной Америки.

В Канаде собственно серебряные месторождения почти неизвестны, но найденные самородки серебра позволяют предполагать, что и такие (возможно немногочисленные и небогатые) месторождения существуют. Как в США и в Мексике, основа серебряной продукции в Канаде — комплексные руды: свинцово-цинковые, медно-цинковые, медно-никелевые и кобальтовые.

В Перу, серебро которого в XVI и XVII вв. наводнило Европу, и сейчас ведется добыча этого металла, но уже из полиметаллических руд.

В период между двумя мировыми войнами были открыты месторождения серебра в Австралии: в штатах Новый Южный Уэльс, Тасмания и Квинсленд расположены крупные свинцово-цинковые месторождения с большими запасами в них серебра.

Мировое производство серебра с 1963 по 1968 г. неуклонно возрастало с 6555,2 до 7365,4 т. Наибольшее количество этого металла произведено на американском континенте. Самый большой удельный вес по добыче серебра в 1969 г. имели Мексика — 1384,3 т, США 1263,7 т, Канада 1034 т, Перу 1061,9 т.

В свое время украшения местных жителей служили «поисковым признаком» для испанских колонизаторов. Высадившись недалеко от нынешней столицы Аргентины, они увидели индейцев с серебряными украшениями на груди. Этот факт, как им казалось, говорил о том, что серебра в этих краях изобилие, а потому они и нарекли неведомую им страну Аргентиной (серебряной) в надежде, что очень скоро они сумеют награть себе вдоволь драгоценного металла. Расчеты не оправдались, но название за страной осталось до нашего времени.

Добыча «серебряной страны» — Аргентины ограничилась в 1969 г. 60 т, тогда как крошечный Гондурас извлек из своих недр 120 т. Боливия поставила серебра несколько больше 186,9 т.

Вся Западная Европа в 1969 г. получила 438 т серебра, из них 70 т Испания и 110 т Швеция. Годовая добыча Азии 452,1 т, из них 336,2 японского. Австралия превзошла Азию — 769,1 т, но Африка пока еще от нее отстает: 252,7 т добыто всего, из которых 104 т в Южно-Африканской Республике.



Говоря о месте, занимаемом тем или иным государством в общей мировой продукции серебра капиталистического мира, следует иметь в виду, что можно нарисовать лишь приблизительную картину. Производство этого металла находится в руках нескольких крупных концернов, которые регулируют добычу серебра (интенсифицируют, или, наоборот, сокращают) в зависимости от спроса и цен. Деятельность таких промышленных объединений трудно рассматривать в рамках только одной страны. Компания «Рио-Тинто», например, с английским капиталом владеет в Испании и рудниками, и сереброплавильными заводами, а помимо этого, и в самой Великобритании ей принадлежат заводы для переработки импортных руд. Другая компания, уже французского капитала, «Пеньяройя» является владельцем рудников и заводов в той же Испании, Италии и Франции и также производит выплавку импортных руд.

## РУССКОЕ СЕРЕБРО

### КИЕВСКОЕ СЕРЕБРО И «РУССКИЙ ВЫХОД»

В Киевской Руси основным средством торговых взаимоотношений служило серебро. Косвенно об этом свидетельствуют выражения того времени: «бессеребряник» или наоборот, «серебролюбец», но не «беззлатник» или «златолюбец». Правда, еще в конце X в. существовали серебряники и златники, на которых было вычеканено изображение князя, восседавшего на троне, а на другой стороне надпись: «Володимир на столе, а се его серебро». Золотые монеты очень скоро исчезли из обращения, а вот серебряные остались.

В XIII столетии Русь была разорена монгольским нашествием. Опустошены были и соседние государства — Иран, Китай. Серебряный кризис в Азии относится как раз к этому периоду. Золотая Орда, поработившая Русь, наладила чеканку серебряной монеты в гораздо больших размерах, чем Средняя Азия и Иран. Но откуда брался металл для этой чеканки? Ведь воинственные монголы не занимались организацией горных разработок, тем более, что на Волге, где обосновалась Орда, не было серебряных руд? Орда чеканила монету из русского серебра. Тяжелая дань, налагаемая ханами на русских князей, предусмат-

ривала и обязательную поставку драгоценного металла. В казну ханов все время поступало серебро из подвластной им Руси — так называемый «русский выход».

Однако ни до монгольского завоевания, ни в период царствования Золотой Орды и на Руси не было известно серебряных рудников. Как же можно было платить дань серебром, да еще в больших количествах? За четыре столетия (IX—XII) интенсивной торговли с восточными странами на Руси скопилось очень много арабской монеты. Эта монета, равно как и серебро, поступившее в обмен на русские товары из западноевропейских стран, было переплавлено в слитки или изделия. Поэтому поработенная Русь могла поставлять серебро в качестве дани, не добывая его из недр.

## ПЕРВЫЕ ПОИСКИ

После свержения монгольского ига и становления государства царь Иван III в 1488 г. дает наказ своим послам просить венгерского и прусского королей о присылке мастера, «который руду знает, золотую и серебряную, да который бы руду умел с землей разделить». Тем же был озабочен и Иван Грозный, когда давал указание нанять за границей в числе прочих мастеров двух рудокопов, пробирщика и плавильщика, а с Новгорода требовал отписывать на царя военнопленных немцев, «которые знают серебряную руду и серебряное и золотое дело знают». Сын Ивана Федор, став царем, своим послам также давал наказ за любую цену нанять в Италии мастеров, умеющих добывать золото и серебро.

Первые попытки поисков серебряных руд были приняты при царе Михаиле Романове, но успехом они не увенчались. Царь Алексей Михайлович также жадно собирал сведения о местонахождении серебряных руд. Не преуспев в этом, он сделал попытку собрать серебро в царскую казну с помощью денежной реформы. Было объявлено, что отчеканенные монетным двором медные копейки равноценны копейкам серебряным. Медными деньгами правительство расплачивалось, но налоги взимались только серебром. Медные деньги обесценивались все больше и больше. Все слои населения — купечество, ремесленники, городской люд — были недовольны реформой. Не стало твердой основы для торговли. Серебро стекалось в цар-

скую казну, а народные массы нищали. В 1662 г. разразилось восстание, оставшееся в истории под именем «медного бунта». Царь и его правительство, напуганные народными волнениями, были вынуждены отказаться от задуманной реформы. Медные деньги были изъяты из обращения. Казна принимала медные рубли, уплачивая за них по пятаку, а то и по копейке серебром.

Настоятельные царские указы и экспедиции «для сыску руды серебряной» в Олонецкий край, на Печору, Урал, Канин Нос и в другие места не дали ощутимых результатов. В Забайкалье же были обнаружены следы старых заброшенных копей. Воевода Головин в это время в Нерчинске вел переговоры о мире с китайцами. Узнав о «чудских» копиях, он сообщил об этом в Москву, чем возбудил интерес правительства, от которого поступило указание немедленно приступить к плавке руд. Но и тогда не началась добыча серебра на Руси.

## СЕРЕБРО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Годы правления Петра I связаны с интенсивными поисками различных руд. Неудачные походы и неумелое ведение государственных дел его предшественниками привели к расстройству финансового положения России.

Воеводы сибирских городов, имея строгий наказ, внимательно относились ко всем сведениям о нахождении тех или иных руд и «отписывали» об этом в Москву в Сибирский приказ. Много сведений поступило тогда в Томск. Руководствуясь царскими указаниями, воевода В. А. Ржевский отправил экспедицию для выяснения на месте, «где та руда проявляется». Посланцы томского воеводы раздобыли у местного населения образцы серебряной руды «отменного весу и блеску». Пробная плавка этих образцов, проведенная в Москве, показала хорошее качество руды. На следующий год в Томск были направлены рудознатцы, а томскому воеводе послано распоряжение подготовить оборудование для рудничных работ и плавки серебряной руды.

В августе 1697 г. из Томска на реку Коштак вышел большой отряд под командованием Александра Левандиана. Кроме рудознатцев, в отряде было много «рабочих и ратных людей». Предстояло ставить острог и обороняться от нападений кочевых племен.

Коштак стал первым в России серебряным рудником, но руда была бедной и добыча оказалась нерентабельной. Подземные выработки все время заливались водой, что сводило на нет работы по добыче. Ввиду того, что местное население относилось к отряду крайне недружелюбно, работы приходилось вести в условиях осадного положения. В своей челобитной царю Левандиан подробно и обстоятельно все это изложил. Ответ Петра обнадеживал рудознатцев обещанием дополнительных рабочих людей и указывал, что если не будет пользы от рудника, то следует им перебраться в Нерчинск и лишь в том случае, что и там руды не найдется, то возвращаться в Москву. Так и поступили, но в Москву возвращаться уже не потребовалось: в окрестностях Нерчинска нашли серебряную руду.

В 1704 г. на берегу реки Алгачи был основан плавильный завод, с которого начал поступать в Москву драгоценный металл. Руды были свинцово-серебряными, и это в тот момент было очень кстати: русская армия воевала со шведами, и для ее нужд требовались все возрастающие количества свинца.

Забайкалье, таким образом, можно назвать колыбелью серебряной промышленности России. Еще почти 150 лет продолжали добывать серебро в Забайкалье. До 1747 г. добыча составляла примерно 20 пудов серебра ежегодно, но потом она стала резко увеличиваться и в 1775 г. достигла 630 пудов. После этого она стала снижаться и к 1855 г. с Забайкалья поступало лишь 50 пудов в год.

## АЛТАЙСКОЕ СЕРЕБРО

Еще при жизни Петра до некоронованного короля Урала Акинфия Демидова дошли слухи об открытии руд на Алтае. Посланная им экспедиция шла по следам заброшенных «чудских копей». Руды оказались медными. На открытых Демидовым алтайских Колывано-Воскресенских заводах выплавляли медь и в слитках отправляли в Невьянск, чем вызывалось недоумение окружающих: зачем скапливает медь заводчик? Оказалось, что выплавленная медь содержала в себе серебро, и Демидов, пользуясь удаленностью от столицы, надумал тайком от правительства добывать серебро и чеканить из него монету. Дерзкий замысел возник потому, что сбыть драгоценный металл Демидову не удалось бы: открыв месторождение серебряных

руд, он обязан был передать его в казну. Производство подпольной серебряной монеты было налажено. В подвалах Невьянской башни в строжайшей тайне прикованные цепями крепостные и беглые каторжники чеканили точные копии царских рублей из алтайского серебра. Существование демидовского монетного двора не было продолжительным. Один из мастеров бежал в Петербург с донесением царице Елизавете о недозволенном деянии заводчика. Демидову ничего не осталось, как поспешно сообщить царице об открытии серебряных руд на Алтае. По приказу Елизаветы туда немедленно выехал начальник тульских заводов Беер, после чего последовало распоряжение о передаче алтайских рудников и заводов в ведение «кабинета ее величества». Работы были поставлены на широкую ногу, и в казну потекло алтайское серебро почти по 1000 пудов в год, причем аффинаж его давал еще десятки пудов золота — богатство недр, до этого на Руси неслыханное.

Отмена крепостного права на алтайских рудниках запоздала на три года — сделано это было для того, чтобы сохранить на добыче серебра дешевую рабочую силу, но старые дедовские методы себя уже не оправдывали. «Кабинет его величества» мог производить отработку месторождений только в их верхней части — зоне окисленных и окислых руд, которые представляли собой природный концентрат цветных и благородных металлов. Казне было не под силу вести правильную обработку из-за общей технической отсталости, примитивной техники, слабой геологической разведки и отдаленности от промышленных центров при отсутствии железнодорожной связи. Как только выработки углублялись и наталкивались на сульфидные (сернистые) руды, так горный департамент извещался, что «рудник отработан» или «руда выклинилась».

После открытия уральских золотых россыпей алтайские рудники стали сдаваться в аренду. Жемчужиной Рудного Алтая считалось Риддерское (теперь Лениногорское) полиметаллическое месторождение у подножья Ивановского хребта. Разработка его шла с перерывами, но оно действует, давая серебро попутно с цинком и свинцом.

## СЕРЕБРО ГРУЗИИ

Грузинский царь Ираклий II, ведя постоянные войны с персами и турками, треть государственных расходов покрывал за счет серебра из старинного серебряно-свинцо-

вого рудника близ Ахтальского монастыря. Расширить разработки не представлялось возможным из-за постоянной угрозы иноземного нападения.

В 1785 г. войска хана Омара разрушили рудник, а мастеров увели в плен или перебили. Царь Ираклий через два года восстановил предприятие, но вскоре оно опять подверглось опустошению. Переписываясь с русской царицей Екатериной II, Ираклий неоднократно предлагал принять горные промыслы Грузии в разработку. Русское правительство не приняло эти предложения. Позже, в 1801 г., когда Грузия оказалась в составе России, стали работать Ахтальский и Шамлутский заводы при свинцово-серебряных рудниках, а на поиски ископаемых русским правительством были направлены экспедиции. О Садонском месторождении на Северном Кавказе было известно еще с V в. В грузинской летописи есть указания о добыче и выплавке серебра осетинским князем. Это месторождение в первой половине XIX в. разрабатывалось промышленником Чекаловым, который для плавки свинцово-серебряной руды построил при руднике печи.

## СЕРЕБРО КАЗАХСТАНА

Как уже говорилось, отмена запрета на розыски и эксплуатацию рудных месторождений в первой половине XIX в. способствовала развитию горной промышленности. В Киргизской степи (Центральный Казахстан) купец Степан Попов путем подкупа и подарков склонил кочевников к тому, чтобы ему показали места древних разработок. Найденная там свинцовая руда отличалась высоким содержанием серебра. Оказавшиеся поблизости залежи каменного угля дали предприимчивому купцу возможность наладить не только добычу руды, но и работу плавильного завода. Позже Попов открыл в Киргизской степи несколько богатых серебром месторождений. Он захватил громадные пространства, беспрепятственно хозяйничал на них, получая всевозможные льготы от правительства. Добыча руды велась неумело и хищнически. В конце 60-х годов Попов оставил после себя затопленные рудники, остановившиеся заводы и многочисленные долговые обязательства.

Двадцать лет спустя, в 80-х годах, за дело взялся внук Попова и сумел добиться значительных успехов. Во избе-

жакие конкуренции он скунил большие участки Каркаралпской степи, но деятельность свою сосредоточил на одном месторождении (Кзыл-Эспе). Как и все его предшественники, Попов-внук хозяйничал хищнически, стремясь быстрее выбрать богатые руды с наименьшими затратами. На его двух заводах в 1887—1888 гг. было выплавлено от 10 до 20 пудов свинца и от 130 до 170 пудов серебра. Разработки свинцово-серебряных руд этим промышленником продолжались до начала XX в., после чего выплавка на его заводах прекратилась, а горные работы велись как бы по инерции, в небольших масштабах, лишь в силу взятых обязательств. Примерно в те же годы сделал попытку развернуть добычу серебра близ Балхашского озера и другой предприниматель — Деров, но безуспешно. В официальных отчетах читаем: Степаном Поповым совместно с сыновьями добыто 29 пудов серебра, Поповым-внуком 1327 пудов, Деровым и другими лицами 11 пудов.

## СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА

### СТАРЫЕ СПОСОБЫ ВЫПЛАВКИ

Серебро химически гораздо более активно, чем золото, и потому в самородном виде встречается значительно реже.

Добыче серебра в больших количествах способствовала сравнительная простота получения его из руд. Знаменитые разработки горы Потоси начались со случайного открытия пастуха-индейца, который поджег сухой куст для ночного обогрева, а утром среди его корней обнаружил выплавившееся серебро. Первоначальная выплавка драгоценного металла была также примитивна. Руду смешивали с углем в чанах, которые выставляли на большую высоту (чаще всего на гору) под естественное дутье — ветер, тихая погода иногда полностью останавливала выплавку.

Такую примитивную плавку можно было производить благодаря высокому (до 75%) содержанию серебра в руде. Из бедных руд извлечь серебро таким способом было невозможно, тем более что в большинстве случаев в этих рудах присутствовали и другие металлы. Все же и из них серебро извлекалось с помощью выплавки. В средние ве-

ка в Западной Европе использовали так называемый способ зейгерования. Серебряные руды были в большинстве своем с большим содержанием меди. Такую руду в шахтной печи сплавляли со свинцом, а затем в специальном зейгеровочном горне отделяли серебряносвинцовый сплав от более тугоплавких кусков, содержащих медь. Способность свинца легко сплавляться (вбирать в себя) благородные металлы была известна еще со времени египетских жрецов. Если руда была свинцово-серебряная, то процесс упрощался. Руду обжигали и плавили в шахтной печи, после чего выплавленный «черный свинец» помещали в разделительную печь. В ней свинец превращался в порошкообразную окись (глет), а серебро оставалось в металлическом виде.

В русских летописях сохранилась запись о том, как бухарский посол в 1671 г. говорил боярину Матвееву, что руду серебряную в их государстве «варят в котлах». О подробностях этого способа ничего неизвестно.

## АМАЛЬГАМАЦИЯ СЕРЕБРА

Амальгамация благородных металлов была известна в древние времена, но использовали ее тогда не для извлечения из руд, а для снятия позолоты. В 1557 г. переселившийся в Мексику испанский рудокоп Бартоломео Медина применил при извлечении серебра из руд вместо огня амальгамию. Этим способом начали пользоваться в Америке повсеместно, и он получил название «процесс патино» (патино — рудный двор). Первоначально это выглядело примитивно: дробленая руда раскладывалась тонким слоем на внутреннем дворе и обильно смачивалась ртутью. Ртутную амальгаму после этого собирали и «отпаривали»: ртуть улетучивалась, а серебро оставалось в жаровне.

Широкому внедрению способа патино способствовало то обстоятельство, что на территории Испании были богатейшие залежи ртути. Залежи находились в монопольном владении правительства, и последнее в целях ускоренной добычи серебра всю продукцию ртутных рудников отправляло в Мексику. Впоследствии в Мексике были открыты свои ртутные месторождения, и их продукция направлялась на те же нужды.



С этим связан такой драматический эпизод. Для управления мексиканскими рудниками министерство финансов Испании направило своего чиновника. Будучи профаном в горном деле, он приказал вынуть опорные целики — своего рода столбы, оставляемые в горных выработках для поддержания их от обрушения, и обратить их в руду. Ретивость управляющего привела к тому, что выработки обрушились, и разработка ртутной руды прекратилась. Вскоре и в самой Испании оказались затопленными рудники Альмадена. Стремясь выправить положение, Испания обратилась к китайским купцам, надеясь получить ртуть из китайских месторождений. Но надежды эти пришлось оставить: прежде чем отправить ртуть, китайцы растворили в ней олово и другие металлы; естественно, что для предназначенной цели такая ртуть не была пригодной — это уже была амальгама. Обратились к австрийскому правительству и получили согласие на поставку ртути, но количественно эта ртуть не обеспечивала потребностей заокеанских рудников. Пришлось обратиться за помощью к местному населению, поработанному индейцам. Им предоставили право разыскать на месте небольшие месторождения и поставлять ртуть на серебряные рудники.

Технические усовершенствования в амальгамационный процесс внедрялись медленно. Потери ртути были очень велики, и даже в XIX в., по свидетельству знаменитого А. Гумбольдта, 24% всех издержек производства приходилось на ртуть. Ртуть была дорога, и цены на нее диктовали до середины прошлого века Испания и Австрия. Богатство серебряных руд Южной Америки позволяло вести производство и при таких больших издержках (в Перу, например, они доходили до 30% и более). В Европе тоже добывали серебро, но из бедных руд, и там издержки на ртуть делали производство нерентабельным. В Саксонии усовершенствовали процесс, и потери ртути при амальгамации уменьшились примерно в 8 раз. Усовершенствование относилось главным образом к области добычи руды и ее измельчения. Но снижение издержек последовало прежде всего после того, как французским химиком Виолеттом в 1851 г. был сконструирован прибор, в котором ртуть после «отпарки» конденсировалась и возвращалась в производственный цикл.

Извлечение серебра из бедных руд в Америке было длительным и трудоемким. Мельницами руду превраща-

ли в тончайший порошок и на площадке, выложенной каменными плитами, замешивали с водой. Небольшой наклон площадки обеспечивал сток избытка воды. Это «тесто» посыпалось солью и утаптывалось мулами и лошадьми. После этого туда же добавляли обожженный медный колчедан и ртуть, и мулы снова перемешивали смесь. От двух до пяти месяцев работали мулы, после чего массу промывали в каменных ваннах и выбирали из нее серебряную амальгаму, которая шла на «отпарку».

В Неваде в период «серебряной лихорадки» предприятия по добыче драгоценного металла укрупнялись, и широкое распространение на них получили толчейные станы. Они представляли собой железные ящики, в которых руда измельчалась несколькими массивными железными стержнями примерно десятисантиметровой толщины, усиленными тяжелыми стальными башмаками. Вес каждого стержня был около 140 кг. Струйка воды, стекавшая в стан, превращала измельченную толчеями руду в жидкую кашу. Ее смывали через проволочный грохот в большие бегунные чаши, подогреваемые паром. Ртуть находилась и в толчейном стане и в бегунных чашах — амальгаторах, куда ее добавляли каждые полчаса, пропустив предварительно через мешок из оленьей кожи. После недельной работы стан подвергали очистке, точнее извлечению из него накопившейся амальгамной массы, из которой лепили комки. Их складывали в груды, а потом загружали в реторту, соединенную трубой с ведром воды. Реторту нагревали, и ртуть перегонялась в ведро, в реторте же оставалось серебро. Его расплавляли и отливали в виде бруска.

Одна из промышленных компаний в то время построила гигантскую обогатительную фабрику в 100 толчей, на что израсходовала почти миллион долларов. Затраты эти себя оправдали, ибо добыча серебра из рудников этой компании стала значительно выше, чем у соседей, не отважившихся на такую роскошь.

В России, где большинство серебра было заключено в свинцовых рудах, процесс амальгамации для его извлечения почти не применялся. С одной стороны, из таких руд более просто и более удобно было извлекать драгоценный металл огневой плавкой, с другой — ртуть была очень дорога, и ее много терялось, а с третьей — весьма немаловажным было и получение свинца, выплавленного совме-

стно с серебром. На серебряных заводах России небольшие количества серебра извлекались и амальгамационным путем, но это были лишь опыты, а не утвердившийся производственный процесс.

Обращает на себя внимание, что и в рудную массу издавна добавляли поваренную соль. Для чего нужны были эти дополнительные расходы? Оказалось, что соль ускоряет амальгамацию. Соль добавлялась с медным или железным купоросом. Действие ее отнюдь не каталитическое, а, если так можно выразиться, очистительное. Дело в том, что в руде серебро (равно и золото) может быть покрыто пленкой других металлов или окислов. При контакте с ртутью таких покрытых пленкой зерен амальгамация или сильно задерживается, или вообще не проходит (так же, как «золото в рубашке»), а ртуть насыщается этими металлами и пемзается, как уже об этом говорилось ранее.

При прокаливании амальгамационной рудной массы, пропитанной к тому же солью и купоросом, последние взаимодействуют между собой, и свободный хлор образует с многими примесями летучие соединения, легко отделяемые при отгонке. Правда, при этом хлор взаимодействует и с серебром, но это соединение, наоборот, выпадает в осадок и, таким образом, не теряется. Это нашло свое отражение и в одном из способов отделения золота от серебра. Иначе говоря, это тот же, может быть несколько видоизмененный, процесс хлоринации. Солью пользовались для извлечения серебра и в России, но применение этого способа было весьма ограниченным.

Впоследствии амальгамация была вытеснена усовершенствованными пиromеталлургическими способами производства.

### *Современная технология извлечения серебра*

К каким же приемам приходится прибегать для извлечения серебра из полиметаллических руд? Известно, что наиболее распространенным минералом серебра в них является серпигное серебро — аргентит, в котором содержание металла 87,1%. Значительная часть серебра в полиметаллических рудах связана со свинцовым блеском, являясь его примесью. В некоторых полиметаллических рудах содержится и самородное серебро. Наряду со свинцом,

цинком, медью, серебром, золотом, железом в полиметаллических рудах могут в промышленных количествах содержаться висмут, сурьма, кадмий, кобальт, молибден, ванадий, индий, таллий и ряд других элементов. Задача поэлементного разделения такого «букета» ценных металлов даже сегодня весьма непростая. Все начинается с обогащения. При этом самородное золото и серебро выделяются в отсадочных машинах или улавливаются специальными аппаратами. Основной же метод обогащения — флотация. Применительно к полиметаллическим рудам существуют две производственные схемы флотационного обогащения. По одной из них последовательно выделяются свинцовый, цинковый и пиритный концентраты. Если в руде присутствуют значительные количества меди, то выделяют обычно не свинцовый, а свинцово-медный концентрат, который в дальнейшем разделяют на два — свинцовый и медный. По другой схеме флотируются все сернистые соединения (сульфиды) с последующим разделением их на свинцовый, медный, цинковый и пиритный концентраты. Все содержащееся в руде серебро при такой обработке переходит главным образом в свинцовый концентрат, так что задача его выделения сводится к обессеребрению свинца.

Наиболее проста реакционная, или горновая, плавка свинцовых концентратов, производимая в чугунном коробе, установленном в кладке из огнеупорного кирпича, образующей печь со сводом. Шихта, состоящая из свинцового концентрата, оборотной пыли и коксовой мелочи, подвергается окислительной плавке. Сера при этом выгорает, а из печи выходит веркблей — свинец, в котором растворено некоторое количество меди, сурьмы, мышьяка, олова, висмута и благородных металлов. Из полученного веркблея прежде всего отделяется медь. Ее кристаллы при охлаждении расплава до  $340-360^{\circ}\text{C}$  выделяются и всплывают на поверхность ванны в виде так называемых медных съемов или «шликеров». Последние удаляются большими ложками. Чтобы избавиться от остатков меди, прибегают к введению в расплав серы или сернистого свинца (свинцового блеска). Остаточная медь соединяется с серой и в таком виде также всплывает на поверхность, откуда и удаляется. Изъяв медь из веркблея, приступают к выделению из него сурьмы, мышьяка и олова. В отражательной печи веркблей расплавляют при свободном доступе воздуха. Выделяемые элементы окисляются прежде, чем

свинец, а образующиеся окислы в свинце нерастворимы. Поэтому при температуре  $800-900^{\circ}\text{C}$  окислы всплывают на поверхность и также удаляются. При этом, правда, увлекается и часть свинца, а потому сѐмы подвергаются дополнительной переработке. Лишь после этих предварительных операций можно приступить к обессеребрению.

Прежде наиболее употребительным способом отделения серебра от свинца было паттинсонирование, заключающееся в постепенном охлаждении свинцового расплава, при котором выделяются чистые кристаллы свинца, а серебро остается в маточном растворе. Таким образом происходит повышение концентрации серебра в свинце. Способ этот длителен и малопроизводителен по сравнению с паркессированием, которое оказалось более удобным. Основано паркессирование на той особенности, что растворимость серебра в цинке значительно выше, чем в свинце. В расплавленный при  $500^{\circ}\text{C}$  свинец, содержащий серебро, добавляют цинк. На поверхность расплава всплывает пена, состоящая из соединений цинка и серебра (а также золота, если оно есть в расплаве). Пену собирают, очищают от механически увлеченного ею небольшого количества свинца, помещают в графитовые реторты, укрепленные в небольших печах, или герметичные электропечи. При температуре порядка  $1200^{\circ}\text{C}$  цинк отгоняется в виде паров, а в реторте (или электропечи) остается свинец с растворенными в нем благородными металлами. Его разливают в чушки и подвергают купелированию, т. е. отделению свинца в виде окиси. Для этого в другой печи расплавляют полученный свинец и доводят его до температуры  $1000^{\circ}\text{C}$ . На поверхность расплава подают струю воздуха, которой окисляют свинец, переводя его в глет. В виде шлака последний сливается с поверхности. Оставшееся в ванне серебро (или сплав его с золотом) разливают в чушки и отправляют на аффинажный завод.

Горновая плавка в настоящее время применяется значительно реже, чем восстановительная плавка в шахтных печах. Для последней свинцовый концентрат предварительно подвергают обжигу и агломерации. Обжиг ведут так, чтобы содержащаяся в руде сера выгорела не полностью, ибо она в дальнейшем нужна для отделения меди. При этом свинец восстанавливается из окислов и выплавляется; плавятся серпистые соединения меди и некоторых других металлов, а также мышьяковистые и сурьмянистые

соединения железа, никеля, кобальта. Последний сплав в металлургии называют шпейзой, а сплав сульфидов меди — штейном. Ввиду того, что эти расплавы различаются по удельному весу, их легко отделить при выпуске из печи, причем, как наиболее тяжелый, первым выходит свинец, точнее веркблей, так как в нем растворены благородные и некоторые другие металлы.

Как и золото, серебро можно извлечь цианированием. В приложении к серебру этот процесс имеет свои особенности. Наиболее благоприятным соединением для перехода в цианистый раствор является хлористое серебро. Поэтому в большинстве случаев серебряные руды перед цианированием подвергаются хлорирующему обжигу. Для этого руду смешивают с поваренной солью (8%) и прокачивают в печах. После выщелачивания полученного спека водой, подкисленной сернистым газом, его отправляют на цианирование. Последнее имеет ограниченное применение, что обусловлено присутствием в руде посторонних металлов, но часто изменением технологического режима удается преодолеть возникающие трудности.

Весьма затруднено цианирование, если серебро находится в виде мышьяковистых и сурьмянистых соединений. Предварительная обработка таких руд заключается в том, что пульпу перемешивают с металлическим алюминием в растворе едкого натра. Перед подачей на цианирование такую пульпу фильтруют. В процессе этой обработки серебро восстанавливается выделяющимся водородом до металла и становится доступным цианированию. Из цианистого раствора серебро осаждают цинковой пылью, алюминиевой пылью или сернистым натрием.

Природное золото нередко содержит в себе примеси серебра, и наоборот, в серебряных рудах встречается золото. Основным процессом разделения таких благородных сплавов начиная с XVI в. явилось растворение в азотной кислоте. Для выделения же серебра из раствора сейчас известно много способов. Самым лучшим из них является электролитический. Черновое серебро, подлежащее очистке, навешивается на анод гальванической ванны, электролитом которой является раствор азотнокислого серебра. При подключении ванны к источнику постоянного тока серебро на аноде растворяется и отлагается на другом электроде, а все примеси выпадают в шлам, от которого ванна периодически очищается. Этот же процесс заверша-

ет и электролитическое разделение серебра и золота: на аноды золотосеребряного сплава надеваются матерчатые чехлы, а катоды завешиваются не из серебра, а из инертного металла, с которых осажденный драгоценный металл легко снимается.

При нанесении металлических покрытий гальванический процесс ограничивается определенной плотностью электрического тока (число ампер на единицу покрываемой площади). Превышение ее приводит к тому, что покрытие не будет плотно прилегать к детали. При электролитическом разделении золота и серебра как раз это и требуется. В азотнокислом электролите серебро растворяется и под воздействием постоянного тока переносится к катоду, где и должно было бы выделиться в виде покрытия. Однако при завышенной плотности тока серебро выделяется на катоде, но не сцепляется с ним и крупными кристаллами падает на дно ванны. Оттуда серебро периодически вычерпывается, промывается, прессуется и в форме цилиндрических брикетов отправляется на плавку.

А золото, которое находится в сплаве? При разрушении анодов оно не переходит в раствор, а выпадает в виде шлама и собирается в чехле, который надет на анод. Этот шлам промывают и расплав отливают в золотые аноды, которые отправляются на аффинаж.

## СЕРЕБРО СЛУЖИТ ЛЮДЯМ

Чем объяснить, что, несмотря на то что нет уже прежних ошеломляюще богатых месторождений, добыча серебра растет? Ответ на поставленный вопрос однозначен: резко возросло использование серебра в технике. Проникновение серебра в технику началось задолго до того, как его стали изымать из монетного обращения и производства столовой посуды. Оказалось, что серебро сочетает в себе качества, необходимые для многочисленных производственных процессов, для надежной работы аппаратов, машин, приборов.

## ЗЕРКАЛА

Самое распространенное применение серебра для технических целей — это зеркала. До середины прошлого столетия зеркала изготовляли путем нанесения на стекло от-

ражающего слоя из оловянной амальгамы. Не всем известно, что роскошные венецианские зеркала, которыми в свое время бредили светские дамы, были не серебряными, а ртутными. Не говоря уже о вредности таких изделий (а тем более их производства), качество ртутных зеркал намного уступает серебряным. Способ серебрения стекла был открыт еще в 1846 г., но рецепты серебряных растворов, пригодные для массового производства зеркал, были разработаны после этого почти через 10 лет французским химиком Птижаном и немецким химиком Либихом. Химическая схема зеркального покрытия поверхности стекла общеизвестна — это восстановление металлического серебра из его аммиачного раствора глюкозой или формалином. Интересно, что в древности пользовались не стеклянными зеркалами, а металлическими. Главным материалом для них было серебро. Были, конечно, более дешевые — медные и бронзовые зеркала, но они придавали отражению желтоватый оттенок. Да и более дорогое зеркало из золота хотя и не тускнело, но страдало тем же недостатком. Отполированные до блеска серебряные пластины четко, без какого бы то ни было оттенка, отражали все детали предмета.

Пользование такими зеркалами было дорогим удовольствием, и недаром в гимне богине Палладе греческого поэта Каллимаха, как упрек расточительству, говорится о том, что богини при своем туалете зеркал не употребляли. С целью фальсификации или удешевления материала зеркал стали изготавливать сплавы серебра с более обиходными металлами — медью и оловом. Любопытно, что тогда такую подделку не раз отличали по ... запаху.

Однако, не оговорились ли мы, рассматривая зеркала как техническое применение серебра? Ведь зеркала — необходимая принадлежность быта многих миллионов людей. Но нельзя забывать, что зеркала используются и в многочисленных инструментах научных исследований. Микроскопы, фотометры и другие оптические приборы непременно имеют зеркало, отражающее лучи осветительной лампы на рассматриваемый предмет или, как принято говорить, в поле зрения.

Вогнутыми зеркалами, собирающими свет в точку, воспользовался русский механик И. Кулибин. Внутренность его знаменитого фонаря была выложена множеством мелких зеркал, образующих вогнутую сферу, и многократное отражение пламени, помещенной в фонарь свечи, резко



усиливало идущий от нее свет. А в наши дни в миллионах автомобильных фар также усиливается свет электрической лампочки с помощью вогнутого зеркала. Трудно и представить себе сейчас транспорт (и не только автомобильный) без источника света, снабженного вогнутым зеркалом.

Большое значение в военной технике принадлежит прожекторам, снабженным самыми качественными зеркалами. Пробраз этих могучих светильников зажегся на башне знаменитого Александрийского маяка более двух тысяч лет тому назад: тогда свет разведенного костра усиливался хитроумно поставленными зеркалами. Прожекторы освещают гигантские строительные площадки, карьеры, стерегут воздушную, морскую и наземную границу. Грандиозная операция советских войск в последнюю войну — взятие Берлина — началась с ураганного артиллерийского обстрела, после чего на позиции нацистов двинулось море огня: на каждом танке, шедшем в атаку, был укреплен мощный прожектор.

Зеркалами широко пользуются и разведчики звездных миров. Подавляющее большинство современных мощных телескопов вооружено огромным вогнутым зеркалом.

Если же говорить об «устремлении» зеркал в космос, то можно привести пример, где оно приобрело более конкретные и далеко не мирные, даже зловещие формы. 2 мая 1968 г. в Совете Безопасности ООН правительство Камбоджи заявило протест против американского проекта запуска на орбиту спутника-зеркала. Проект предусматривает, что такое зеркало диаметром 600 м будет отражать на Землю солнечный свет и освещать зону в 100 тысяч квадратных километров. Сила света этого зеркала-светила была бы равна свету двух Лун. Назначение его — лишить темноты обширные территории Вьетнама. Почему же так энергично запротестовала Камбоджа? С появлением зеркала-Луны нарушится световой режим растений, а это губительно скажется на их продуктивности. Не фантастичен ли сам проект? Нет, технически проект вполне осуществим. На орбиту представляется возможным доставить конструкцию вроде огромного надувного матраса со сверхлегким металлическим покрытием и там ее наполнить, создав гигантское космическое зеркало.

Прекрасная отражательная способность нанесенного на стекло серебра используется не только в зеркалах, но и для покрытий бытовых приборов, например термосов, для

того чтобы оградить содержимое от тепловых потерь через излучение.

Нанесение тонкого слоя серебра на поверхность стекла не обязательно осуществляется восстановлением его из аммиачных солей. С не меньшим успехом это можно делать металлизацией или уже упоминавшимся катодным распылением.

## ЖЕЛТОЕ СТЕКЛО

Мастеров многовекового искусства стекловарения мало интересовали способы нанесения серебра на поверхность. Они вводили его в состав шихты для придания стеклу оригинальной окраски. Первоначально это преследовало лишь художественные, декоративные цели, но со временем потребовались сигнальные стекла и светофильтры для различных научных исследований.

Весьма непросто оказалось получить стекло желтого цвета. Дело в том, что в стекольной шихте в небольших количествах всегда присутствуют окислы железа, которые придают стеклу зеленоватый оттенок. Чтобы избавиться от этого оттенка, часто уничтожают налагаемую ими окраску введением добавочных компонентов. Однако эти же окислы железа можно использовать для получения желтой окраски. Для дешевых сортов стекла такой краситель вполне приемлем, но для более качественных не годится из-за непостоянства окраски. Проводя процесс варки таким образом, чтобы образовались сульфиды железа, можно достичь желтой окраски, однако при этом возникает ряд затруднений. Пламя в печи обязательно должно быть восстановительным, присутствие селитры не допускается, необходимо строго следить за верхним пределом температуры варки, иначе будут выделяться окись углерода и сернистый газ; но даже при соблюдении этих жестких условий полученное стекло, как правило, имеет желтый цвет с коричневым оттенком.

Для окраски свинцовых стекол сернистые соединения совершенно непригодны, так как в процессе варки образуется сернистый свинец черного цвета. Получают желтое стекло путем введения в шихту окиси церия, но окраска при этом получается не чистая, а с коричневым оттенком. Долгое время окраска стекла в желтый цвет достигалась труднее, чем в любые другие цвета.

При приготовлении так называемого золотого рубина обратили внимание на то, что иногда окраска получается красная, но с желтоватым оттенком. Исследования показали, что режим варки здесь ни при чем — все дело в серебре, которое находилось в виде небольших примесей к золоту. Так, серебро начали вводить в стекло для получения желтого цвета. Вводится оно в шихту в виде азотносеребряной соли из расчета 0,15—0,20% серебра от веса песка. При варке происходит разложение этой соли, и выделившееся металлическое серебро в мелкодисперсном состоянии распределяется в стекломассе. Сваренное стекло остается бесцветным, но при повторном обогреве (уже в готовом изделии), так называемой «наводке», оно приобретает интенсивную золотисто-желтую окраску. Высококачественные свинцовые стекла окрашиваются серебром с гораздо большей легкостью, чем обычные. Если на 100 кг песка ввести в шихту 200—255 г металлического серебра, то стекло получится непрозрачное (глухое), соломенно-желтого цвета.

Сказать, что окраска стекла серебром проводится без затруднений, было бы неверным, однако несомненно, что этот металл во многом разрешил проблему создания желтого стекла, особенно свинцового. Одновременным введением в шихту серебра и золота (в разных соотношениях) получают оранжевое стекло разных оттенков.

Чистый и яркий желтый цвет получается при окраске стекла урановыми соединениями. Однако стекло, окрашенное с их помощью, отличается заметной флуоресценцией, что далеко не всегда требуется. Желтое стекло высокого качества получается при введении в шихту смеси серебра с ураном.

Любопытен способ окраски стекла серебром не при варке, а в готовом изделии, но также с внедрением металла в его массу. Это так называемый «способ цементации» или «протравной». Поверхность обычного стекла покрывают смесью из глины или охры с добавкой серебряной соли, после чего, придерживаясь определенного режима, стекло нагревают. Когда слой охры будет удален, то стекло окажется окрашенным в желтый цвет. Этим способом можно окрасить стекло и не по всей его поверхности, а на отдельном, строго определенном участке.

На заводах технического стекла возникает необходимость маркировать каждый лист сталинита (закаленного

стекла). Как нанести печать, чтобы она сохранилась на месте, свидетельствуя о пройденном технологическом процессе? Изготавливается мастика, составной частью которой является азотнокислое серебро. При прохождении закалочной печи органические части мастики выгорают, а серебро «въедается» в поверхность листа, оставляя полупрозрачную, но несмываемую печать.

## ФОТО И КИНО

Сегодня без преувеличения можно сказать, что фото- и кинопромышленность как одного из трех китов своей основы имеют светочувствительные серебряные соли.

Может показаться на первый взгляд странным утверждение, что прообразом фотографии является силуэтный портрет, и все же оно не лишено основания. Теневое изображение не дает представления о чертах изображаемого лица, но оно в точности воспроизводит контур, и делает это не живописец, а свет. Но свет мог дать не только теневое, а и четкое красочное изображение. Великий художник эпохи Возрождения Леонардо да Винчи был и великим ученым своего времени. Он одним из первых обратил внимание на то, что если в ставне окна сделать небольшое отверстие, то на стене, противоположной окну, появятся изображения внешних предметов. Физик Джованни Порта, заинтересованный этим явлением, вставил в отверстие закрытого ставня стекло-четевицу и получил еще лучшие изображения. Переносная камера-обскура, сконструированная им же, расширила возможности «светописания». Этот примитивный прибор и был предком фотоаппарата.

Камера-обскура сразу нашла себе практическое применение. Перед ней помещали какой-нибудь предмет, ярко освещали его, и полученное на задней стенке изображение зарисовывали. Свет «рисовал» очень четко, но созданное им изображение не сохранялось, и мечтой физиков и химиков стало закрепление «нарисованного» светом. Камеры-обскуры самых различных размеров вскоре стали общедоступным прибором, который можно было купить в лавке. Одни покупали их для развлечения, другие для копирования рисунков и чертежей.

Изобретателем фотографии считают Л. Ж. Дагера. Заслуги его неоспоримы, но необходимо отметить, что не

один он работал над вопросом получения и закрепления светового изображения. В одно время с ним такую работу вели и другие изобретатели, и развитие фотографии обязано результатам труда нескольких исследователей. Одновременность таких поисков объясняется успехами химии, установившей к тому времени светочувствительность серебряных солей.

По профессии Дагер был художником. Весьма приличный доход давала ему устроенная им для широкого обозрения публики диорама. Меняя картины и освещение, Дагер добивался замечательного зрелища. Изучая световые эффекты, художник пришел к мысли, что с помощью света можно творить чудеса, и занялся целью закрепить световое изображение. Все чаще он бросал кисть и углублялся в исследования. Диораму в конце концов пришлось оставить — не хватало времени.

В период напряженнейшей работы Дагер узнал, что над этим же во Франции работает другой изобретатель — отставной полковник Н. Ньепс. Как оказалось, полковник пришел к этому, исходя из другого увлечения. Его заинтересовал недавно изобретенный способ литографии. Он завел себе литографскую мастерскую, но безуспешно старался разыскать литографский камень. Затратив на поиски камня большие деньги, Ньепс решил попытаться заменить его металлическими пластинками, на которых хотел получить изображения с помощью камеры-обскуры. Посеребренную медную пластинку он покрыл лаком из асфальта, растворенного в лавандовом масле. Экспонируя в течение 6—8 ч изображение через камеру-обскуру, Ньепсу на такой пластинке удалось получить негатив. Протравливая кислотой засвеченные места, изобретатель создал то, что мы сейчас называем клише. Воодушевленный успехом, он стал размножать гравюры, для чего, предварительно сделав прозрачными, помещал поверх светочувствительной пластинки и длительно освещал их. Этот способ он назвал гелиографией. Встретившись, изобретатели договорились о совместной работе, что нашло отражение в письменном договоре. Успеха не было долгое время.

Сохранился рассказ о том, что жена художника Дагера пришла в слезах к известному химику Ж. Б. Дюма и горячо просила его вернуть ее мужа к краскам и палитре — убедить в бесплодности химических экспериментов

по закреплению световых изображений. Хотя безутешная супруга художника говорила о том, что муж ее близок к умопомешательству, Дюма не внял ее мольбам. Произошло обратное: ученый ознакомился с работами Дагера и рекомендовал ему продолжать изыскание, так как, по его мнению, художник стоит на пороге замечательного открытия.

Кому как не маститому химику, знающему лучше других светочувствительность серебряных солей, мог поверить Дагер?

Есть упоминание о том, как Дагеру удалось отыскать правильный путь. Как-то он оставил ложку на покрытой иодом серебряной пластинке. Под действием света изображение ложки появилось на пластинке. Об этом он сообщил Ньенсу, и тот попытался воспроизвести опыт. Однажды это ему удалось, но повторные попытки ни к чему не привели. Партнер Дагера вскоре умер. Опять «случай» привел художника к новому открытию. На одной из освещенных иодосеребряных пластинок, запертых в темный шкаф, Дагер обнаружил четкое изображение. Он сообразил, что проявляющее действие оказали пары какого-то вещества, и стал помещать новые экспонированные пластинки в шкаф, одновременно вынимая оттуда находившиеся там вещества. Когда было удалено все, изображение на пластинке продолжало проявляться. Осмотрев после этого шкаф более тщательно, он обнаружил в углу его блюдечко с ртутью. Так был найден первый проявитель — пары ртути.

Работы Дагера совместно с сыном Ньепса продолжались еще долго и требовали больших средств. Располагая уже ощутимыми результатами, изобретатели пытались заинтересовать коммерсантов, но дельцы «рисование светом» посчитали слишком «темным делом». Дело создания фотопроцесса было завершено с помощью знаменитого физика и астронома Д. Ф. Араго, который доложил об изобретении на заседании Французской академии наук и указал, что такое дело не может быть передано в частные руки, оно должно стать достоянием государства, народа, человечества. Одобренный королем, законопроект о поддержке Дагера обсуждался палатой депутатов. Из 240 пэров Франции только три проголосовали против.

Совместно с Ньепсом-сыном Дагер блестяще разрешил задачу закрепления световых изображений, но про-

цесс, открытый им, еще не был фотографическим в современном понимании этого слова. Он и назывался дагерротипией. С его помощью можно было получить только одно изображение. Если требовалось 10 экземпляров снимка, то необходимо было и 10 раз экспонировать. Ни о каком размножении дагерротипа не могло быть и речи.

Разрешить эту последнюю задачу удалось английскому ученому Г. Ф. Тальботу. Его исследования относятся к тому же времени, но он не торопился с их опубликованием и потому испытал горечь известия о том, что его опередили.

Тальбот внимательно изучал все, что к тому времени было известно в химии о светочувствительности серебряных солей. Первые негативные изображения были получены им не на металлических пластинках, а на бумаге, покрытой слоем свежесажженного хлористого серебра. Чувствительность такого слоя оставляла желать лучшего — иногда даже многочасовое экспонирование не давало желаемых результатов.

Об этих затруднениях изобретателя стало известно знаменитому химику Г. Дэви, и он нашел нужным сообщить ему, что иодистое серебро гораздо чувствительнее, чем хлористое. Тальбот приступил к опытам в соответствии с рекомендациями Дэви, и тут натолкнулся на то, что избыток иодистого калия прекращает светочувствительность серебряных солей. Это наблюдение позволило ему разработать процесс закрепления изображения, полученного на бумаге. Изобретатель погрузился в изучение физико-химических процессов, и как раз в это время поступило сообщение об открытии Дагера. Во Французскую академию наук Тальбот направил сообщение о своих достижениях, где указывал, что располагает тремя закрепляющими изображение веществами: крепким раствором хлористого натрия, иодистым калием и третьим, особенно хорошо действующим, которое было рекомендовано ему Д. Ф. Гершелем и которое он пока вынужден держать в секрете. Секрет свой он открыл в марте 1839 г. Третье вещество оказалось гиосульфитом. Оно и сейчас применяется в фотографиях в качестве закрепителя. Тогда же изобретатель сообщил и об особой чувствительности бромосеребряной бумаги.

На первых порах процесс Тальбота все же уступал дагерротипии, но напряженнейшая работа изобретателя

давала все новые и новые плоды. Он открыл проявляющее действие галловой кислоты и ввел много других усовершенствований в фотографический процесс. Но главное, что дало развитие фотопроцессу, было изобретение Тальботом негатива, с которого можно переснимать любое количество копий. Негатив был бумажным, прозрачность придавалась ему путем наващивания.

Может возникнуть вопрос, какой же чудак Тальбот, почему он делал свои негативы бумажными, неужели так трудно было додуматься до нанесения бромсеребряного слоя на стеклянную пластинку? В том то и дело, что додуматься было несложно, и нет оснований предполагать, что такая мысль не приходила Тальботу в голову, но выполнить это было тогда весьма непросто. Ведь для этого нужно было листовое стекло, а первый опыт получения его машинным способом относится лишь к 1857 г., причем из-за целого ряда трудностей он и не получил распространения. Механизация в производство листового стекла, удешевившая его, пришла лишь к началу XX в., а до этого простой оконный лист стоил очень дорого и был редкостью.

Так были заложены основы фотографии, дальнейшее совершенствование которой объединенными усилиями химиков, физиков-оптиков, конструкторов пошло гигантскими шагами.

Нашему поколению события гражданской войны в Соединенных Штатах Америки кажутся далеким историческим прошлым, о котором можно иметь представление только по записям живших в то время людей. Однако с тех пор сохранились документы и не письменные, а заснятые фотоаппаратом. В 1861 г. некий М. Брэди с огромнейшим фургонном, в котором были тяжелая камера с штативом, ванны с химикалиями и другие инструменты, путешествовал вдоль фронта, стараясь «снять победу». Два слова президента Линкольна «Пропустите Брэди» на бланке Белого дома служили самоотверженному первому «официальному» фотокорреспонденту пропуском. Так для истории сохранились бесценные документы того времени — несколько тысяч фотоснимков. Среди них был найден и портрет отважного вождя итальянского народа Гарибальди. Это отнюдь не было первым применением фотографии на войне. Неизвестный дагерротипист заснял еще в 1846 г. вступление американских оккупационных войск в Мексику.



В той же гражданской войне в Соединенных Штатах с привязанного аэростата производились удачные фотоснимки расположения неприятельских сил. Позже аэрофотосъемка стала одним из важнейших средств не только военной, но и геологической разведки.

Конечно, от первых дагерротипов до современных снимков фотография проделала огромнейший путь. Металлические пластинки заменены были на бумажные, затем на стеклянные, а потом и на целлюлозную пленку. От мокрых эмульсий перешли к сухому слою. Светочувствительность стала такова, что позволяет делать тысячи снимков в секунду, фотоаппараты стали миниатюрными. Но основа фотографии — светочувствительность серебряных солей осталась прежней. Аэрофотосъемка — только частный случай применения фотографии. Возможности ее неисчерпаемы. Она используется в фотодокументации, в криминалистике, в астрономии, рентгенокопии, биологии, металлографии, конструкторских бюро — трудно и перечислить все ее применения.

С определенного момента фотография стала движущейся: родилась новая отрасль промышленности — кинематография. Кино долго называли «Великим немым». И этот «Великий немой» заговорил; заговорил с помощью серебра: звукозапись фиксируется на той же киноленте, на том же светочувствительном серебряном слое.

Фото- и кинопромышленность стали крупнейшими потребителями серебра. Если в 1931 г. на них в США расходовалось около 146 т металлического серебра, то в 1943 г. уже 438 т, а к 1958 г. эта потребность выросла до 933 т.

Успехи исследований в области атомной энергии позволили разработать способ реставрации старых фотографий. Как сообщает один из французских журналов, это прикладное искусство не столь уж и сложно по исполнению. Потерявшую вид фотографию подвергают облучению нейтронами, и серебро, которым «вычернен» снимок, превращается в свой коротко живущий радиоактивный изотоп. В течение нескольких минут серебро испускает лучи. Если в этот период на фотографию положить мелкозернистый негатив, то на нем получится изображение более четкое, чем было на оригинале. Нет никаких сомнений, что новому способу принадлежит большое будущее.

Светочувствительность серебряных солей нашли возможность использовать не только в фотографии или кине-

матографии. Из США и ГДР почти одновременно поступили публикации об универсальных защитных очках. Стекла этих очков изготовлены из прозрачных эфиров целлюлозы, в которых растворены небольшие количества галогенидов серебра. При нормальном освещении такие очки пропускают около половины световых лучей, когда же интенсивность последних увеличивается, то соли серебра претерпевают изменение, и «пропускная способность» очков падает до 5—10%. Процесс этот, однако, обратимый: с уменьшением интенсивности освещения очки вновь «просветляются». Такое светочувствительное стекло намереваются использовать не только в защитных очках, но и в ветровых стеклах автомобилей.

## ПОКРЫТИЯ И ПРИПОИ

Серебро — металл. Оно обладает свойствами, присущими этому разряду элементов: блеском, ковкостью, теплопроводностью, электропроводностью. О том, как использовали с древнейших времен отражательную способность серебра, рассказано выше. Правда, в неполированном виде серебро имеет матовый оттенок, в значительной степени поглощающий световые лучи. Серебряный слой довольно быстро тускнеет от присутствия в воздухе незначительных количеств сероводорода. Но от этой неприятности нетрудно уберечься: на серебряный слой наносят тончайшую пленку родия, цвет которого почти не отличается от серебра.

Не только на стекло наносится серебряное покрытие, а и на керамику и на металл. В производстве художественных и ювелирных изделий, в часовой промышленности такой процесс занимает большое место.

Способы нанесения серебряных покрытий различны: гальваническое серебрение, серебрение амальгамами, металлизация, катодное распыление и даже серебряная фольга.

Серебро очень пластичный металл, из него можно получать листки толщиной всего 0,25 микрона. Нанесением тонкого слоя серебра на различные керамические изделия им придают металлический отблеск — люстр.

Наибольшее значение и распространение, конечно, получили гальванические покрытия серебром. Их ценность не только в хорошей отражательной способности, но преж-

де всего в достаточной химической стойкости, электропроводности, а также прекрасном сцеплении с основным металлом и эластичности, позволяющей накладывать слои значительной толщины.

Серебро устойчиво по отношению к действию щелочей, органических и некоторых минеральных кислот. Поэтому серебряные покрытия имеют широкое применение в химической промышленности. Внутренние стенки многих трубопроводов, змеевиков, конденсаторов, резервуаров, автоклавов, реакторов и других аппаратов и приборов покрывают серебром, как защитным металлом.

В аккумуляторных батареях со щелочным электролитом некоторые детали подвергаются опасности воздействия на них едкого кали или натра высокой концентрации; в то же время детали эти должны обеспечивать электрический контакт с другими деталями. Лучшего материала для покрытия их, чем серебро, обладающее и устойчивостью к щелочам, и прекрасной электропроводностью, не существует.

С древнейших времен серебро (как и золото) использовалось как металл пайки. Входит оно и сейчас в состав специальных припоев. Существует много более дешевых и общезвестных (распространенных) припоев, но серебряным в технике — особое место ввиду того, что они образуют не только прочные и плотные, но и коррозионно-стойкие соединения. Нет, конечно, смысла использовать серебряные припои для пайки кастрюль или ведер, но судовые трубопроводы котлов высокого давления, трансформаторы, собирательные электрические шины в таком припое очень нуждаются. Общезвестны марки серебряных припоев ПСр 10, ПСр 12, ПСр 25. Цифра указывает на процентное содержание серебра, основная же масса сплава состоит из меди. Первый из них предназначен для пайки бытовых приборов. Второй — для пайки патрубков, штуцеров, коллекторов и другой арматуры из меди и медных сплавов, в которых процент ее свыше 58. Это тугоплавкие или твердые припои. Чем выше требования к прочности и коррозионной стойкости паяного шва, тем с большим процентом содержания серебра используется припой. В отдельных случаях в технике применяют припои с содержанием серебра 70%. В связи с дефицитностью олова широко применяют мягкий свинцово-серебряный припой. На первый взгляд это покажется нелепостью: «ме-

талл консервной банки», как назвал его академик А. Е. Ферсман, заменяется валютным металлом — серебром! Однако удивляться здесь нечему, это вопрос стоимости. Самый ходовой оловянный припой — это ПОС-40, включающий 40% олова и около 60% свинца. Заменяющий же его серебряный припой в своем составе имеет серебра всего лишь 2,5%, а всю остальную массу представляет свинец. Как велика роль серебряных припоев в новой технике, можно видеть из недавних статистических данных. Только в США на эти цели ежегодно расходуется до 840 т серебра.

## СПЛАВЫ СЕРЕБРА

Большой диапазон использования у сплавов серебра. Облагораживая другой металл своими ценными свойствами, серебро несет службу в виде сплавов во многих отраслях техники с древнейших времен. Сплав благородных металлов — золота и серебра, называемый электрон, изготовлялся задолго до нашего летоисчисления. Так называемое лигатурное серебро, представляющее собой сплав его с медью, с давних поршло на поделку столовой утвари.

Сегодня в химической промышленности, в производстве вакуум-аппаратов, тиглей, автоклавов и другого оборудования часто не ограничиваются применением серебряного покрытия, а используют серебряные сплавы.

Пористость сплава нередко является в той или иной отрасли техники недопустимым дефектом. Одним из лучших материалов для получения беспористого сплава является серебро. Объясняется это редким для металлов свойством — расширяться при затвердении. Только три металла имеют эту способность — чугун, серебро и висмут.

С этим свойством серебра связана одна из многочисленных попыток получения искусственного алмаза, предпринятая в конце прошлого века профессором Харьковского университета К. Д. Хрущовым. Можно только предположить, но, по всей вероятности, ученый сознательно отказался от висмута, хотя он легко плавится, а кипит всего при 1500°С. Расплав предстояло насытить углеродом, после чего быстро охладить водой. Образовавшийся в расплаве карбид при соприкосновении с водой мог ее

разложить и вызвать взрыв. Железо не подходило Хрущову, видимо, из-за отсутствия нагревательных приборов, способных обеспечить требуемую для его расплава температуру. Серебро же имеет точку плавления  $960,5^{\circ}\text{C}$ , кипит при  $2150^{\circ}\text{C}$  и также расширяется при застывании. В марте 1893 г. на заседании минералогического общества ученый продемонстрировал полученные им блестящие кристаллы и сообщил о проведенном эксперименте. Он растворил в жидком серебре около 6% углерода, после чего резко охладил массу и считал, что под давлением застывшей корки в середине расплава из графита образовался алмаз. Хрущов заблуждался, и полученные им кристаллы представляли собой всего лишь комбинацию окислов и карбидов кремния, титана и алюминия. Но эксперимент был поставлен блестяще.

Машиностроители шутя утверждают, что земной шар вращается на подшипниках. Эта шутка символизирует собой, как в наш век моторов много уделяется внимания борьбе с трением. Никто прежде и не помышлял о таком «грубом» использовании валютного металла, как производство подшипников. Применение серебра для этой цели началось в период второй мировой войны. В 1941 г. США для производства подшипников совершенно не использовали серебро, в следующем 1942 г. его уже потребовалось 311 т, а еще через год уже 778 т.

Замечательным свойством серебра является его электропроводность. Нет ни одного металла, который мог бы с ним в этом соперничать. К использованию этого свойства серебра долгое время не обращались: серебро — драгоценный металл, для чего применять его в качестве проводника электрического тока, если куда более дешевый и не столь дефицитный металл лишь немногим ему уступает? Однако в период Великой Отечественной войны положение радикально изменилось. Это не значит, конечно, что подвесные провода для электропередач стали изготавливать из серебра. Однако в сложных электрических схемах предусматриваются контакты из самого токопроводящего металла, т. е. серебра. Телефонное и телеграфное оборудование, электродетали танков, орудий, торпед, снарядов, самолетов, подводных лодок в ответственных узлах соединяются серебряной проволокой. Необходимость срабатывания в точно рассчитанное время заставляет пренебречь стоимостью серебра и заменить им дешевую

медь. Ведь последняя уступает серебру не только в электропроводности, но и в коррозионной стойкости, что при длительной эксплуатации, хранения или в боевых условиях имеет очень большое значение. До 1942 г., например, США, не расходовали серебро на электрические контакты, а потом стали ежегодно выделять на это свыше 300 т.

Сейчас уже в подробностях описывают, как в период войны в строгом секрете изготовлялась в США первая атомная бомба. «Манхэттенский проект» (кодовое название этого крупнейшего производства) требовал колоссальных затрат. На сооружение завода было израсходовано 304 миллиона долларов, на научные исследования 20 миллионов, на эксплуатацию 204 миллиона, а стоимость серебра, взятого взаймы у казначейства, составляла 300 миллионов долларов. Для чего же оно потребовалось в этом производстве? Для электрического оборудования — обмоток и шин.

Важнейшим звеном «Манхэттенского проекта» было разделение изотопов урана, что осуществлялось с помощью мощных электромагнитов в гигантских установках — камерах. Еще летом 1942 г. предварительными расчетами было установлено, что потребуется огромное количество токопроводящего металла. Такой общепозвестный металл — медь, но потребность оборонной промышленности в ней превышала в то время ее запасы в стране. Правительственное решение гласило — предоставить «Манхэттенскому проекту» не медь, а серебро из запасов казначейства, но с возвратом «по завершении проекта». Когда представитель проекта начал вести предварительные переговоры по этому поводу и упомянул о 5—10 тыс. т серебра, то ему сообщили, что в казначействе не принято говорить о тоннах, ибо единицей веса серебра является унция (около 30 г). Серебро, однако, выдали. Были созданы специальные подразделения по охране и учету драгоценного металла. Серебряные слитки были доставлены на завод, где из них отлили стержни, из которых уже и готовились шины и обмотки для электромагнитов. Самый факт использования серебра в производстве тщательно скрывался. В документах оно фигурировало в зашифрованном виде, да и сами документы, чтобы не вызвать подозрения, были адресованы невоенному персоналу. За всеми операциями использования се-

ребра наблюдала особая группа охраны. Все эти меры дали свои плоды: от полного количества взятого в казначействе серебра потери составили всего лишь 0,035%.

Но в казначействе лукавили, когда останавливали полковника Николса замечанием, что надо говорить не о тоннах, а об унциях. «Манхэттенский проект» являлся не единственным просителем серебра из числа тех, кому не отказали. На правительственных заводах для изготовления трансформаторов тогда было израсходовано 150 т серебра. Завод «Бейзик магнезиум» в штате Невада в электролитных цехах израсходовал на электрические шины 563 т серебра вместо меди. На алюминиевые заводы для изготовления собирательных шин казначейством было выдано около 13 тыс. т. Всего же к весне 1942 г. казначейство предоставило в распоряжение военной промышленности около 40 тыс. т серебра — в 4 раза больше, чем годовая добыча всего капиталистического мира. Но это было не безвозвратной ссудой, а с обязательной обратной поставкой металла через 5 лет с момента выдачи.

Следует заметить, что такой прекрасный электропроводник, как серебро, ставят ученым, исследующим явление сверхпроводимости, загадку, которая пока еще не нашла своего разрешения. Прделаны тысячи экспериментов, выясняющих, как ведут себя различные металлы при сверхнизких температурах. Многие из них при определенных для каждого условиях превращаются в сверхпроводники. Серебро же до сего времени, как ни варьируют условия опыта, не показало себя сверхпроводником. Причины такого поведения прекрасного при обычных температурах проводника изучаются, но однозначного ответа на поставленный вопрос еще нет. Медь, близкая серебру по своей электропроводности, ведет себя точно так же при низких температурах и, как это ни парадоксально, ее в этих условиях ученые используют в качестве электроизоляции. Видимо, подобным изоляционным материалом может служить и серебро.

## СЕРЕБРО И АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

В 1933 г. супруги Ирен и Фредерик Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность. В их экспериментах нерадиоактивные элементы, такие как алюминий, бор,

магний, начинали излучать после того, как были подвергнуты воздействию альфа-частиц.

Ферми и его сотрудники также обратились к искусственной радиоактивности, но вызывали ее обстрелом не альфа-частицами, а нейтронами. Последовательно они опробовали, как ведут себя после такого обстрела самые различные металлы. Когда они облучили стаканчик из серебра, то натолкнулись на нечто совершенно непонятное: его искусственная радиоактивность изменялась в зависимости от того, какие предметы находились рядом. Последующие эксперименты внесли ясность в эту «черную магию». Ферми открыл, что нейтроны замедляются легкими ядрами, и потому вероятность их попадания в ядро серебра увеличивается. Счетчик Гейгера, регистрирующий искусственную радиоактивность серебра, показывал, что замедленные нейтроны увеличивают ее в 100 раз. Это открытие и было положено в основу, когда Ферми сконструировал первый ядерный реактор.

Возможно, что на замедление нейтронов Ферми мог натолкнуться и при облучении какого-либо другого металла, но факт тот, что все уточняющие открытия исследования он и его сотрудники провели с тем же серебром, не делая попыток заменить его на другой металл. Во всяком случае и в дальнейших исследованиях серебро использовалось как индикатор нейтронного излучения.

Мощный электрический разряд в разреженном газе превращает его в плазму — четвертое состояние вещества, при котором электроны атомов срываются со своих орбит и находятся в хаотическом движении совместно с ионами газа. В 1950 г. советские ученые А. Д. Сахаров и И. Е. Тамм предложили изолировать плазму с помощью магнитного поля, предотвратив таким образом потери ее энергии. При силе тока в несколько сотен тысяч ампер температура плазмы кратковременно достигала порядка миллиона градусов. В земных условиях такая температура достигается при взрыве водородной бомбы. При сжатии плазмы магнитным полем она перестает быть хаотическим движением и приобретает определенную организацию.

При чем же здесь серебро? Именно с помощью серебряных пластинок, погруженных в парафин, в 1952 г. был зарегистрирован залп нейтронов из плазменного шнура, а специальные приборы отметили кратковременную вспышку рентгеновского излучения.



В своих классических опытах по превращению элементов великий ученый Резерфорд использовал камеру, экран которой был отделен пластинкой серебра такой толщины, чтобы она задерживала альфа-частицы, но пропускала «рождающиеся» в результате реакции и вызывающие на экране сцинтилляционные вспышки протоны. Этим опытам, как известно, предшествовало открытие закона рассеяния альфа-частиц.

Ученик Резерфорда Эрнст Марсден был совершенно сбит с толку, когда проводил эксперименты с целью подтвердить мысль о том, что эффект рассеяния возрастает с увеличением атомного веса мишени; он вдруг обнаружил, что серебро совершенно путает карты, давая резко повышенное число отраженных альфа-частиц. Казалось, что серебро является непонятным, а потому и неприятным исключением. Однако эта «аномалия» недолго мучила исследователя. В лаборатории работал докторант из России Г. Антонов. Он показывал сотрудникам русскую серебряную монету, утверждая, что металл ее гораздо чище, чем у британской. Физики с любопытством ее рассматривали, звякали ею о лабораторные столы, и в результате в ней появилась так называемая наведенная радиоактивность. Эта-то монета, позаимствованная Марсденом у Антонова, и была использована в качестве мишени. Когда монету заменили серебром, не побывавшим до этого в лаборатории, все стало на свое место.

В некоторых типах атомных реакторов отвод тепла осуществляется расплавленными металлами, в частности натрием и висмутом. Примеси серебра в них совершенно недопустимы. Если в металлургии широко известен процесс обезвисмучивания серебра, то в ядерной энергетике огромное значение имеет обратный процесс — обессеребреение висмута. Современные методы отделения примесей позволяют снизить содержание серебра в висмуте до трех миллионных долей. Как будет себя вести серебро, попади оно в зону ядерной реакции? Медленные нейтроны будут превращать серебро в один из его изотопов, который, будучи неустойчивым, распадается с образованием кадмия — одного из сильнейших гасителей цепной реакции.

## СЕРЕБРО В МЕДИЦИНЕ

Древние использовали серебро в медицинских целях, но о причинах его благотворного действия они не знали. Египтяне, например, серебряной пластинкой покрывали раны, добиваясь этим быстрее их заживления. Известно, что около двух с половиной тысяч лет тому назад персидский царь Кир перевозил в своих походах воду в серебряных сосудах. Может быть здесь сказалось извечное стремление владык к собственному возвеличиванию показом своего богатства? Нет, дело не в этом, просто Кир было известно, что в серебряных сосудах вода очень долго сохраняется свежей, годной для питья.

Еще ассирийцы считали серебро металлом Луны. У жрецов древности и затем у алхимиков утвердилось предположение, что между Луной и серебром существует определенная связь. Сомнамбулизм или лунатизм был известен очень давно. Легко было от этого прийти к заключению, что богиня Луны имеет власть над умалишенными, а стало быть серебро — ее металл, а также его соли могут быть использованы для лечения нервных заболеваний. Реформатор медицины XVI в. Парацельс предлагал лечение заболеваний нервной системы «лунным камнем», как называли ляпис — азотнокислое серебро. После этого для лечения эпилепсии и нервных недугов стали употреблять соединения серебра. Ляпис называли также и «адским камнем» за его свойство прижигать ткани. Этим пользуется и современная медицина, в любой аптеке можно найти пачку «ляписных карандашей».

Обеззараживающее действие серебра было взято на вооружение не только медициной, но и церковью. Трудно было убедить верующего в том, что полученная в церкви «святая вода» ничем не отличается от обычной. Он презрительно усмехался в ответ на такие доводы и не без основания указывал на то, что обычная вода, постояв несколько дней, приобретает затхлость, в то время как «святая» остается свежей. Известен такой случай, когда священник Киево-Печерской лавры стал знаменит на всю округу тем, что вылечивал от «скорби во внутренностях» лично освященной им водой. Здравомыслящие люди, конечно, не верили в чудесное исцеление и объясняли это простым шарлатанством или в крайнем случае психотерапией. Один из сотрудников комсомольской газеты ре-

шил разоблачить ловкого священнослужителя. Притворяясь больным, он несколько раз на дню подходил под благословение и получал при этом пузырек святой воды. Когда этого «целебного средства» у него собралось около литра, он доставил его специалисту по внутренним болезням и попросил исследовать новоявленное лекарство. Профессор заявил, что это обычная днепровская вода. Корреспондент хотел написать разоблачительную статью, и ему требовалось заключение специалиста. Он стал упрямить его опробовать действие святой воды на больных. Статья была уже написана, но в печать ее сдавать не пришлось. Через три недели профессор сообщил, что, как ни странно, пользование святой водой повлекло за собой заметное улучшение состояния больных с застарелым гастритом и даже язвой. Проведенный после этого химический анализ не установил какого-либо отличия «целебной» воды от днепровской. Бактериологический же анализ показал, что в воде совсем нет микробов. Последнее не имеет, казалось бы, никакого отношения к составу воды: это могло быть достигнуто простым кипячением. Однако вода не походила на кипяченую. Не составило труда узнать у словоохотливого монастырского служки, что он ежедневно из Днепра приносит священнику 9 ведер воды и сливает их в кадку, на дне которой лежит множество серебряных монет. Оказалось, что вода, «настоенная» на серебре, действительно приобретает целебные свойства, объясняемые тем, что ионы серебра убивают микробы.

В последние годы в печати было много интересных сообщений о целебных свойствах серебряной воды. Любопытно, что обратился к обезвреживанию питьевой воды с помощью серебра не медик, а инженер, сотрудник лаборатории металловедения «Уралмаша» Г. Куруклис. Он не стал настаивать воду на серебряных монетах, а прибегнул к обогащению ее ионами серебра электролитическим методом. Через воду пропускался электрический ток по серебряной пластинке, и вода становилась стерильной через несколько секунд! Она не утрачивала своего вкуса и сохранялась, т. е. была недоступна для вредных микроорганизмов в течение нескольких месяцев. Автором способа была установлена и допустимая концентрация ионов серебра, что было проверено и подтверждено Академией наук СССР. Оптимальной является концентрация серебра 1 : 5 000 000. Она вполне достаточна для стерилизации

воды, а расход же серебра, можно сказать, ничтожный. Обезвреживание воды в полевых условиях в туристических походах оказалось возможным провести, пользуясь батареей от карманного фонарика. Серебряная вода была подвергнута детальному изучению химиками, биологами и врачами-клиницистами. Как и ожидали, она оказалась целебным средством при лечении открытых ран, извы желудка, остром насморке и ряде других острых заболеваний. Широкомасштабное применение серебряная вода приобрела на океанских кораблях, которые вынуждены иметь на борту большой запас питьевой воды. Длительное хранение ее обеспечивается обработкой в специальной установке, называемой ионатором. Обычный переменный ток напряжением 220 или 127 в, проходя через серебряные пластинки, в час может перевести в раствор до 10 г серебра, чего хватит на дезинфекцию 50 кубометров воды.

Таким образом, целебные свойства серебра заключаются в антисептических свойствах его ионов. Нет никаких оснований предполагать, что эти ионы не будут влиять и на организм, подлежащий лечению. Дозы серебра, вводимые в организм, строго ограничены, иначе неизбежно его токсическое действие. Меньшую токсичность имеют органические препараты серебра, а потому изыскания химиков и фармакологов были направлены на их синтез. Современная медицина располагает целым набором таких препаратов. Широкую известность получили серебряные соли молочной (лактат) и пикриновой (пикрат) кислот. Они также — антисептики, но их прижигающее действие значительно слабее, чем у азотнокислого серебра (ляписа).

Наибольшее признание, однако, получили белковые препараты, разделяющиеся на два класса: сильного и мягкого действия. К первым относится общеизвестный протаргол, протаргентум и некоторые другие, ко вторым же — аргин, соларгентум, силвол, каргентос, аргирол. Содержание серебра в препаратах мягкого действия от 19 до 25%, в препаратах же сильного действия — в среднем 8%. Дезинфицирующими свойствами обладают в равной степени как те, так и другие, но препараты мягкого действия не вызывают раздражения.

Нет ли здесь опечатки или авторской ошибки: ведь чем больше серебра, тем эффективнее антисептическое дейст-

вне препарата, а из вышеуказанного видно, что препараты сильного действия содержат в среднем в три раза меньше серебра, чем препараты мягкого действия?! Искать ошибку автора или редактора здесь не следует. Препараты сильного действия содержат действительно меньше серебра, но отдают его в раствор больше. Добиваются этого подбором белка при синтезе. Особняком стоит общеизвестный колларгол, относящийся к препаратам мягкого действия, содержание серебра в котором достигает 78%.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СЕРЕБРА

Наука не удовлетворяется знанием факта бактерицидности серебра. Необходимо знать, почему оно губительно действует на микроорганизмы, в каких именно количествах, какие дозы не окажут вредного влияния на организм человека или животного.

В борьбе с грибковыми и бактериальными болезнями плодов и растений серебро также сыграло свою роль. Некоторые фунгисиды содержат его в своем составе, и пораженные растения, будучи опылены такими составами, выздоравливают. Действие их аналогично действию серебряной воды, протаргола, колларгола и других серебряных препаратов. Но почему? На что воздействует серебро в организме вне зависимости от того, большой это организм или малый?

Вводя в организм изотопы серебра (меченые атомы), ученые выяснили, что они концентрируются в очагах воспалительного процесса. Как же они туда попадают? Защитные клетки организма — лейкоциты захватывают их (фагоцитируют) и доставляют к месту, куда проникли возбудители инфекции. От высокоорганизованных организмов бактерии отличаются исключительно высокой интенсивностью обмена веществ. Последний осуществляется с помощью биологических катализаторов — ферментов. Естественно было предположить, что прекращение жизнедеятельности микроорганизмов связано с воздействием серебра на их ферментативную систему. Тонко поставленные эксперименты показали, что активность фермента дрожжевой сахаразы падает с повышением концентрации серебра. Расщепление сахаров (энергетического материала) дрожжевых клеток тормозится или даже совсем прекращается, причем тем сильнее, чем меньше кислотность

среды. А среда (рН) в организме как раз слабощелочная или близкая к нейтральной.

Но ферменты представляют собой белковые тела; может быть серебро, как тяжелый металл, просто осаждает белки, делая их неактивными?

Такой вопрос возникал, но опыты показали, что концентрация ионов серебра, достаточная для полного подавления дрожжевой сахаразы, много меньше той, которая необходима для осаждения белков. Отсюда ясно, что не денатурирование белковой части фермента, а только инактивация определенных центров его молекулы является причиной угнетающего действия серебра. Дальнейшие исследования установили, что серебро воздействует и на ряд других, весьма отличных по своему действию от дрожжевой сахаразы ферментов.

Стало быть, серебро — ферментативный яд. Тогда как же применять его препараты при лечении — ведь обмен веществ нашего организма также регулируется ферментами?

Все дело в дозировке. Здесь лишний раз подтверждается высказывание о том, что ядов самих по себе не существует: будучи губительными в больших количествах, они в малых только возбуждают деятельность той или иной системы и таким образом являются спасительными лекарствами. Малые дозы серебра (строго установленные для каждого случая) не оказывают токсического действия на животный организм, но достаточны для прекращения жизнедеятельности микроорганизмов — возбудителей серьезных заболеваний. Неумелое применение серебряных препаратов при лечении может дать весьма нежелательные последствия, вплоть до нарушения деятельности сердца. Нельзя сказать, что действие серебра всегда строго специфично, во многих случаях аналогичный, может быть, не так ярко выраженный эффект производят ионы меди, золота или других тяжелых металлов. При появлении тревожного симптома, свидетельствующего об избыточной концентрации серебра в организме, угнетающий эффект нередко снимают путем введения веществ, связывающих ионы серебра в комплекс, например аминокислоты — цистина.

Итак, лечебное действие серебра заключается в его действии на микроорганизмы, что объясняется ингибацией ферментов последних. Значит ли это, что само по се-

бе серебро не требуется в жизненном цикле? Нет, не значит. Установлено, что серебро всегда в каких-то незначительных долях присутствует как в животных, так и в растительных организмах. Его находят в молоке, в печени, легких, ткани головного мозга, изолированных ядрах нервных клеток. Постоянно обнаруживается серебро в железах внутренней секреции, особенно много его в придатке головного мозга — гипофизе. Нашли серебро в теле ряда морских животных. Установили, что шелковичный червь просто нуждается в серебре в период своего развития. Ряд других примеров приводит ученых к выводу о том, что серебро — микроэлемент, необходимый организму, но в чем заключается его биологическое действие — еще вопрос не решенный, и над его выяснением трудятся исследователи.

Особенно богата серебром пигментная оболочка глаза. Так, светочувствительность солей серебра природа разумно использовала в живом организме.

Следует заметить, что некоторые растения избирательно накапливают тот или иной элемент. Их и называют — биоконцентраторы. Растения-накопители серебра являются поисковыми признаками для геологов.

## СЕРЕБРО В ИСКУССТВЕ

Серебро, как и золото, с незапамятных времен является материалом для украшений. Благодаря долговременной сохранности серебро и еще в большей степени золото оказывают неоценимую услугу археологам и историкам. Замечательные изделия древних мастеров из этих металлов поражают красотой и нередко позволяют узнать о том, как жили народы за тысячелетия до нас, каковы были их культура и быт, религия, государственное устройство, какие события оставили след в их истории. Уже упомянутый текст договора фараона Рамзеса II с хеттами дошел до нас лишь благодаря тому, что он был записан на серебряных досках.

Многое сохранилось для истории из-за того, что изделия древности были из долговечного благородного металла, но многое и погибло только из-за того, что металл этот был драгоценным. Завоеватели Мексики и Перу переплавляли прекрасные изделия из золота и серебра в бесфор-

менные слитки — лишь бы удобнее увезти богатство в Европу. Так погибли многие замечательные творения древних ювелиров американского континента (например, огромный золотой диск величиной с мельничный жернов, символизирующий Солнце, окруженное фигурами различных зверей и растений — бесподобное произведение аптекских мастеров — попал в руки Кортеса и вскоре был превращен в слитки; такая же участь постигла и серебряный диск, символизирующий Луну).

Не меньший вред принесли кладоискатели и расхитители гробниц в странах Востока и Европы. Хорошо известно, что большинство египетских, вавилонских и других могильников, в которых были заключены огромные ценности в виде ювелирных изделий, редчайших произведений искусства, были ограблены вскоре после захоронения.

Ювелирное мастерство возникло в древнейшие времена и сейчас поражаются искусству ювелиров древности.

Во время монгольского нашествия многие искусные мастера из Средней Азии и других завоеванных земель перебежали на Русь. Как говорит летопись, «мастера всяции бежаху из татар... кузнецы железу и меди и серебру». Но и своими умельцами издревле была богата Русь. Они прославились своим искусством придавать «малиновый звон» колоколам, именно их «устюжская чернь» по серебру славилась по всей Европе. Изяществом отделки северная чернь, равно как и кавказская, изумляют и сейчас.

Искусство проявлялось и в изготовлении всевозможных сосудов и столовой посуды из драгоценных металлов. Лучшей в мире признана коллекция древневосточных серебряных изделий, хранящихся в Государственном Эрмитаже. Все это серебро доставлено туда не из Бухары, Хорезма или других среднеазиатских государств, а из Прикамья. Как оно туда попало? Торговые отношения Приобья со среднеазиатским югом наладились в начале второго тысячелетия и не прекращались до XVI в. К народам, населяющим Западный Урал, — пермякам, маньси — ехали восточные купцы за мехами, а расплачивались серебряными сосудами, блюдами, чашами. «Чистый светлый металл» в Прикамье приобрел значение не только драгоценного, но и «священного». Серебряные блюда стали накапливаться и храниться как предмет культа. Археологов изумляют находки замечательных серебряных изделий в Закамье. Прекрасная художественная посуда



выделывалась в Средней Азии в XVI в., но серебра для ее выделки не хватало. В конце столетия бухарское посольство ходатайствовало перед русским царем о вывозе тысячи рублей деньгами «на сосуды серебряные».

Весьма любопытным было использование серебра в качестве материала для географических карт. Известно, например, что М. Неводчиков в 1745 г. обследовал некоторые острова в Тихом океане восточнее Камчатки. Он был устюжанином и когда-то в родном городе занимался чернением по серебру и в таком виде доставлена в Сенат. мичи, он составил их карту, или, как тогда говорили, чертеж. Для лучшего сохранения карта была исполнена чернением по серебру и в таком виде доставлена в Сенат.

Значительно ранее нечто подобное было сделано в Европе. У Карла Великого (около 770 г.) были карты, вырезанные на трех серебряных досках. Его преемник не поощрил ни науки, ни искусства и расплатился с войсками, разломав эти карты.

Арабский ученый Ал-Идриси, живший при дворе нормандского короля, изготовил из серебра внушительное подобие небесного свода, а после этого большой земной круг с обозначением семи климатов земли «с их странами и областями, берегами и полями, течениями вод и впадинами рек». Арабский мудрец не сам изготовил предметы, под его руководством все было сделано палермскими мастерами. На изготовление сферы было израсходовано около 4,25 т серебра, а на земной круг не менее 60 т. Судьба этих замечательных вещей также печальна. В 1160 г. заговорщики, недовольные преемником прежнего короля Вильгельмом Дурным, разрушили изделия и растащили драгоценный металл, из которого они были изготовлены.

В конце двадцатых годов нашего столетия археологам удалось найти неразграбленную царскую усыпальницу III тысячелетия до нашего летоисчисления в городе Уре. Среди вещей, найденных в гробнице, были топоры и замечательный шлем из электрона — сплава серебра с золотом. Возможно, что эти вещи имели только символическое значение и предназначались лишь для парадных выездов. В войне Рима с Карфагеном у некоторых римских консулов было вооружение, изготовленное из серебра. Когда во втором веке верхний и средний Дунай стал римской провинцией, то расположены там были так называемые «се-

робряные легионы». Почему они так назывались, трудно сказать, но можно предположить, что по вооружению, которое принадлежало военачальникам.

Серебро вытеснено из сферы монетного обращения. Оно несет гораздо более благородную службу, чем ранее в качестве благородного металла. Мы останавливались только на основных аспектах применения этого металла в технике, но имеется и множество других. В лабораториях для плавки щелочей пользуются тиглями из серебра. Чего не выдерживает платина, выдерживает младший брат благородного семейства. Общеизвестен реактив на обнаружение хлористых соединений — азотнокислое серебро. Используются серебряные препараты и для индикации некоторых боевых отравляющих веществ. В производстве различных алкалоидов также наряду с другими применяются соединения серебра. К серебру нередко обращаются зубные врачи.

Производство химических источников тока также взяло на вооружение этот благородный металл. Некоторые (весьма ответственные) типы электрических аккумуляторов, используемые новейшей техникой, имеют электроды не из общеизвестных свинца или никеля и железа, а из серебра и цинка, серебра и кадмия.

Особенно целесообразно применение серебра в высокочастотной технике. Смесь окиси серебра с канифолью в скипидаре наносят на стекло, кварц, керамику и другие материалы. При нагреве до  $700^{\circ}\text{C}$  выделившееся металлическое серебро плотно сцепляется с подложкой, образуя тончайший токопроводящий слой, в котором токи высокой частоты распространяются очень хорошо.

Решительным сдвигом в разрешении проблемы телевидения было изобретение иконоскопа — предшественника современной телевизионной трубки.

Существенная деталь этой конструкции — слюдяная «мишень», покрытая миллионами микроскопических изолированных серебряных шариков, на каждый из которых нанесена окись цезия. Техника изготовления такой мишени столь сложна, что в начале 30-х годов не нашлось завода на принятие заказа.

Два способа получения атомной энергии известны сейчас: делением тяжелых ядер и слиянием легких. Где же грань между тяжелыми и легкими? Делятся ядра, у которых отношение квадрата заряда к массовому числу боль-

ше 17. Такому условию отвечают все ядра тяжелее ядра серебра.

Американская авиация в небе Вьетнама распылением подистого серебра в облаках вызывала катастрофические ливни, разрушавшие плотины и пути сообщения. Это свойство подистого серебра использовано в нашей стране в противоположных целях: выстрел мирного снаряда в тучу, несущую град, заставлял ее «разрядиться» раньше, чем она достигала полей.

Для опреснения морской воды нашли применение ионитные смолы. В период второй мировой войны солдатам морской пехоты и десантникам давали пластмассовый мешок и 6 таблеток, каждая из которых являлась катионитом большой емкости. В случае крайней нужды в питьевой воде солдат наливал в мешок с одной таблеткой поллитра морской воды; происходил ионообмен: выделялись ионы серебра, которые тут же взаимодействовали с ионом хлора и выводил их в осадок, легко отделяемый фильтрованием через марлю.

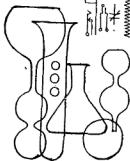
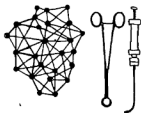
Аммиачный раствор окиси серебра легко взаимодействует с простейшим углеводородом — ацетиленом с образованием ацетиленистого серебра. При ударе или нагреве этот продукт взрывается с выделением большого количества тепла. Его не используют в качестве инициирующего вещества (вполне удовлетворяют более дешевые соединения), но реакция его образования нашла применение для определения ацетилена в смеси газов.

Трудно сейчас и перечислить случаи использования серебра для технических целей. Моторостроение, производство ракет, самолетов, управляемых снарядов, атомные установки, электронное оборудование и целый ряд других отраслей современной техники постоянно требуют серебра, и скоро о том, что серебро было металлом денежного обращения, будут говорить как о далеком прошлом.



## САМЫЕ МОЛОДЫЕ БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

### ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О НОВОМ МЕТАЛЛЕ



## ПЛАТИНА И ПЛАТИ- НОВЫЕ МЕТАЛЛЫ

Впервые с платиной европейцы познакомились в период завоевания американского континента. Когда Кортес вел мирные переговоры с ацтеками, их царь Монтесума, не предполагая готовящегося на него вероломного нападения, в числе других подарков для испанского короля передал прекрасные платиновые зеркала. Цивилизованный мир Европы 300 лет спустя после этого искал пути получения пластичной платины, а мастера древности умели, оказывается, ее обрабатывать! Как это им удавалось, до сего времени — невыясненный вопрос. Археологи XX столетия показали, что платина была известна человеку и за много веков до нашего летоисчисления и отнюдь не в Новом Свете, а «под боком» у Европы — в Египте и Эфиопии. В некоторых золотых предметах, добытых при раскопках, замечены были серебристого цвета вкрапления. Химическим анализом было установлено, что это платина. В современном египетском золоте признаков платины не обнаруживали, однако в золоте из провинции Сеннар в Судане ее нашли. На острове Сент-Джонс в Красном море следы платины были за-

мочены в пикселевой руде. В Западной Эфиопии платина встречается и сейчас, и одно время там даже велась незначительного масштаба разработки. Вкрапления платины в золотых изделиях, конечно, не говорят о сознательном использовании этого металла, а лишь о том, что она присутствовала в золотой руде. Тем не менее есть свидетельство ее нарочитого применения в Древнем Египте. Узкая полоска платины, приделанная к металлическому футляру, обратила внимание еще ученого XIX столетия Бертело, который объявил ее «сложным соединением целого ряда металлов платиновой группы». Изучавший материалы и ремесла Древнего Египта А. Лукас исследовал эту пластинку и вкрапления инородного металла в золотых изделиях и подтвердил, что все это не что иное, как платина.

Если история использования человеком золота и серебра теряется в глубине веков, то начало применения платины — сравнительно недавнее событие. Рудокопам, занятым разработкой золотых месторождений на территории нынешнего Перу, неоднократно попадались примеси к золотым рудам — кусочки тяжелого белого металла. Название металла отражает его историю: словом «плата» у испанцев обозначалось серебро, металл же, «загрязняющий» золото, получил у них имя «платина», что соответствует нашему «серебришко». В скором времени было открыто свойство платины сплавляться с золотом. В строгой тайне в золотые слитки стали добавлять новый, не имевший никакой ценности металл и в таком виде отправлять слитки в Испанию. Вскоре тайное стало явным и чиновникам было дано чудовищное по нынешним понятиям предписание — тщательно следить за отбором платины от золота при добыче, а при накоплении ее запасов — топить в ближайших реках, да топить поглубже. В соответствии с принятым законом чиновники монетных дворов в городах Санта-Фе и Папаян (нынешняя Колумбия) выехали на реки Боготу и Кауку и в торжественной обстановке при свидетелях потопили имевшиеся в их распоряжении запасы платины. Закон вышел в 1735 г. и просуществовал 33 года. В 1768 г. испанское правительство решило, что фальшивую монету может выпускать и казначейство, надо только построже следить за тем, чтобы этим не занимались частные лица. В XVIII в. естествоиспытатели интересовались каждым новым металлом. Иска-

ли, находили, внимательно изучали и подробно описывали их свойства и возможности применения.

В 1740 г. европейские ученые узнали о платине от англичанина Ч. Вуда. Через несколько лет после этого в Кито была послана для измерения длины одного градуса по меридиану совместная французско-испанская экспедиция. В воспоминаниях участника этой экспедиции испанского морского офицера и математика Антонио дель Уллоа, изданных в 1748 г., новый металл был подробно описан. Описание, конечно, было «внешним», «визуальным», однако Уллоа привез с собой и образцы. Можно думать, что именно этими образцами и воспользовался Р. Ватсон, когда приступил к исследованию свойств платины.

Шведский ученый Шеффер признал «испанскую диковинку» химическим элементом. Интерес к новому металлу у всех европейских химиков возрос необычайно. Он и действительно был достоин внимания: по тяжести превосходил золото, не окислялся, и кислоты на него не действовали, а находили его всегда только в россыпях. Может быть, самородки были иногда и природным сплавом, в частности с тем же золотом, но, во всяком случае, не руда, точнее не соединение с каким-нибудь другим элементом.

Из платины довольно скоро научились изготавливать (хотя и в незначительном масштабе) тонкую проволоку, а также лабораторную посуду — тигли, чашки. В Южной Америке платина стала объектом добычи. К началу XIX в. запасы ее в Перу исчислялись уже двумя тысячами фунтов (около 800 кг). Все это количество было по распоряжению испанского правительства переправлено через океан и отдано в Париж на переработку.

Фундаментальные исследования по изучению технических свойств и разработке способов использования платины были проведены в России вице-президентом Берг-коллегии графом А. А. Мусиным-Пушкиным. Больших успехов в получении ковкой платины добился парижский золотых дел мастер Жанетти, однако способ русского графа был гораздо удобнее. Химик Льюис стал получать амальгамы платины, но затрачивал на это дни, а то и недели.

В трудах же Мусина-Пушкина, опубликованных в 1797 г., описан способ получения таких амальгам за несколько минут. Для того, чтобы получить ковкий металл,

самородную платину приходилось подвергать предварительной специальной обработке, способы которой держались изобретателями в строгом секрете.

## ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ

Природная необработанная платина стала называться сырой платиной. В первые же годы нового столетия произошел случай, свидетельствующий не только об успехах химиков, но и о склонности их к веселым шуткам. В апреле 1803 г. лондонские ученые были взбудоражены анонимным объявлением, в котором сообщалось, что открыт новый металл «палладий», и предлагалось приобрести его у торговца минералами некоего Форстера. Одни ученые решили, что это апрельская шутка какого-то забавника, другие предположили, что это реклама спекулянта. В объявлении были описаны свойства предлагаемого металла и сообщалась цена: один шиллинг за 1 гран (примерно 65 миллиграммов). Лондонский химик Р. Ченевикс был, видимо, более других заинтересован и отправился к указанному торговцу. Форстер предъявил металл и подтвердил цену, по которой он продается. Ученый располагал средствами и купил почти все имеющееся в магазине количество палладия. Всем химикам была известна покупка Ченевикса и они с нетерпением ожидали окончания его исследования. Наконец Ченевикс выступил с сообщением. Он не отрицал, что незнакомец верно описал свойства палладия, но предложенный металл вовсе не является самостоятельным металлом, это не что иное, как сплав, состоящий из двух частей платины и одной части ртути. Ртуть, по заверению ученого, так прочно связана с платиной в этом сплаве, что не выделяется даже при сильном нагревании, так что присутствие ее не представляется возможным обнаружить. Некоторые химики предположили, что «новый металл» — просто продукт обработки платины ртутью по способу графа Мусина-Пушкина, и на том успокоились. Ченевикс понимал, что голое отрицание не есть разъяснение, а от него, скупившего почти весь палладий, такого объяснения ждут. Он «сообщил рецепт» получения нового металла: надо раствор платины нейтрализовать окисью ртути, затем восстанавливать железным купоросом и полученный при этом черный порошок сплавить.

Ученые мужи остались довольны: афера анонимного забавника или мошенника полностью разоблачена! И вдруг этот незнакомец выступил с новым объявлением, в котором предлагал любому, кто сумеет получить палладий из платины и ртути, через того же Форстера выплатить премию в 20 фунтов стерлингов. Неслыханная насмешка! Как бы подчеркивая немоту ученых мужей, анонимный автор не поторапливал их: он считает, что год — срок вполне достаточный для этого синтеза. Ни Ченевикс, ни кто другой из химиков не явились к торговцу с претензией на обещанную премию. В следующем 1804 г. химик Волластон доложил Королевскому обществу, что при попытках своих получить ковкий металл из сырой платины он нашел в ней неизвестный ранее металл, названный им палладием, и, кроме того, еще один металл — родий. Письмом от 23 февраля 1805 г. на имя редактора известного журнала Волластон известил лондонских ученых, что это он пустил в продажу палладий и предложил премию за его искусственное получение. Ченевикс был так потрясен всей этой историей, что совершенно забросил свои занятия химией.

История с сообщением Волластона, поразившая весь современный ему ученый мир и ставшая причиной драмы Ченевикса, казалось, была завершена. Как это ни было странным для химиков, но сомнений не оставалось: природная платина была нечистым металлом, в соседстве с ней «уживались» еще два — палладий и родий! Но ставить точку, как оказалось, еще было рано. Другой химик — С. Теннант опубликовал сообщение в журнале, что при исследовании нерастворимого остатка сырой платины в царской водке он обнаружил еще два новых металла — осмий и придий! Теннант был учителем Волластона. Можно предположить, что последний поспешил напечатать свою статью, ибо она появилась в одном номере со статьей Теннанта. Возможно, что Волластон был посвящен в результаты работ своего учителя и потому решил, что пора прекращать забавы и перестать мистифицировать других химиков. Номер журнала с сообщениями Теннанта и Волластона потряс ученых того времени: кто мог подумать, что сырая платина — симбиоз целых пяти металлов. После этих событий на изучение платины «накинулись» ученые химики всей Европы. Выяснялись возможности использования платины и сопутствующих ей



металлов, ее аффинаж, технологические приемы получения ковкой платины, а главное — состав сырой платины. Редкий химик не лелеял в глубине души своей мысли о том, что и ему, как Волластону и Теннанту, удастся найти в природной платине еще один новый металл.

В самородной платине были найдены сплавы платины с мышьяком, серой, сурьмой, никелем и другими элементами. Все это было очень любопытным, но ни один из этих элементов не был неизвестен ранее. Мечта об открытии в платине нового металла стала казаться необоснованной.

Опытами над платиновой рудой был поглощен профессор Вильяменского университета Енджей Снядецкий. Он обнаружил в руде неизвестный ранее элемент и назвал его вестий. Сообщение о новом, открытом им в платине металле и его особенностях Снядецкий послал в национальный институт в Париже. Открытие ученого признания не получило, так как при повторении его опытов французскими химиками выделить вестий не удалось. В 1826 г. в Дерпте русский ученый Озанн заявил об открытии им в составе сырой платины не одного, а даже трех новых элементов, которые назвал плураном, рутением и полином. Сообщение Озанна не стало, однако, такой же сенсацией, как публикации Волластона и Теннанта. Дальнейшие исследования не подтвердили открытия новых платиновых металлов. Ученый долго пытался выделить хотя бы один из заявленных им металлов — рутений, но старания его ни к чему не привели. Озанн, удрученный бесплодностью работы, отказался от своих заявок. После этого работы по открытию новых платиновых металлов стали считать несерьезными и заранее обреченными на неудачу. Известный химик Я. Берцелиус отделил друг от друга палладий, родий, осмий и иридий, определил их атомные веса и получил их окислы и соли.

Казалось, все стало ясным: сырая платина состоит из самой платины и сплавленных с ней (природно) подобных ей по своим свойствам четырех металлов, а в отдельных случаях имеет примеси общеизвестных элементов — железа, мышьяка, никеля и др. Богатейшая эрудиция Берцелиуса, его огромный авторитет в ученом мире, колоссальнейшая работоспособность, умение пользоваться тончайшими методами анализа и его прекрасная по тем временам лаборатория — все это не оставляло места

надеждам на то, что в составе сырой платины можно найти что-нибудь, кроме того, что уже открыто.

И все же это «что-то» было найдено. Профессор Казанского университета К. К. Клаус в результате многолетних исследований обнаружил в платиновых остатках металл, отличавшийся от всех ранее известных. Сам Берцелиус первоначально скептически отнесся к такому известию, охарактеризовав первую присланную ему пробу как нечистый прирды, о других же химиках нечего и говорить — они посчитали работу Клауса такой же ошибкой, какую сделали якобы сначала Снядецкий, а затем Озанн.

Не сразу решился казанский профессор на публикацию результатов своей работы. Несходство его экспериментальных данных с данными Берцелиуса заставляло его вновь и вновь тщательно их перепроверять. К шведскому ученому Клаус относился с глубочайшим уважением, говоря, что перед научными заслугами его весь химический мир снимает шляпу, что всему, что известно по разделению платиновых металлов, ученые обязаны Берцелиусу. И все же, как ни ценил труды Берцелиуса Клаус, он решился на публикацию и обратился с сообщением именно к нему. По поговорке: «ты мне друг, но истина дороже». К чести шведского ученого следует сказать, что, внимательно изучив работы Клауса и тщательно проверив их, он сердечно поздравил его с превосходным открытием. Отмечая продуманность и изящество экспериментов Клауса, не оставивших места сомнениям в полученных результатах, Берцелиус обращал внимание на благородство казанского ученого, который не стал замалчивать труды своего предшественника Озанна, а, наоборот, оставил за новым металлом имя, данное ему первоначально, — рутений: честь Родины обоих ученых — России. Когда спустя некоторое время Петербургская Академия наук наградила К. Клауса за открытие рутения Демидовской премией в 5 тысяч рублей, то Берцелиус был одним из первых среди тех, кто горячо поздравлял и приветствовал казанского профессора.

Следует обратить внимание на то, что Берцелиусу и его современникам, в том числе и Клаусу, вести свои исследования было значительно труднее, чем современным химикам, и не потому, что не были тогда разработаны тончайшие методы или сконструированы соответствующие

щие приборы и аппараты, а потому, что все известные элементы еще не были тогда приведены в единую систему, и сведения о них были отрывочными, эмпирическими, основанными только на опытных данных. Не обходилось и без ошибок. Долгое время в науке держался порядок возрастания атомных весов: платина, иридий, осмий. Создавая свою знаменитую периодическую систему элементов, Д. И. Менделеев тщательно изучал, перепроверял, уточнял, а иногда и переправлял атомные веса. Когда дочь троюродного брата великого поэта Юлия Всеволодовна Лермонтова, работавшая в лаборатории известного химика Бунзена, была откомендована Менделееву, то последний просил ее провести работу по уточнению атомных весов платины, иридия и осмия, в которых он сильно сомневался. Проведя серию экспериментов, Лермонтова сообщила творцу Периодической системы, а затем и опубликовала в печати результаты своих работ, подтверждающих мнение и надежду Д. И. Менделеева о том, что порядок возрастания атомных весов этих элементов должен быть исправлен: осмий, иридий, платина.

## РУССКАЯ ПЛАТИНА

Никто не оспаривает мнения, что европейская платина — это русская платина. Даже более того — мировая добыча платины в течение долгого времени была сосредоточена на Урале: свыше 90% сырой платины поступало на мировой рынок из России. Первые находки платины относятся к 1819—1822 гг. к Верх-Исетским, Невьянским и Билимбаевским округам. Первый платиновый прииск на Урале был основан в районе горы Благодать. Все это находится на восточном склоне Уральского хребта, т. е. в Азии. Первый же платиновый прииск в Европе был открыт Демидовым в 1825 г. на реке Сухой Висим.

Добыча платины на Урале развивалась неравномерно. В 1824 г. добыто было 32 кг (2 пуда), в следующем 1825 г. уже около 190 кг, а в 1830 г. уже 1600 кг. Всего с 1825 г. по 1841 г. промышленность Урала дала примерно 24 т платины. Только в одном 1843 г. этого металла было получено 3,5 т. И вдруг в 1847 г. добыт всего лишь один пуд (16 кг)! Что случилось — иссякли платиновые залежи? Нет, конечно, как уже приводилось ранее, в последующие годы добыча платины неуклонно возрастала.

Просто в этом году не стало большого закупщика платины — прекратилась чеканка платиновой монеты в России. До этого переломного года добыча платины на Урале развивалась стремительными темпами. В докладе П. Г. Соболевского, прочитанном в 1834 г. на съезде врачей и естествоиспытателей, отмечалось, что на рудниках Бразилии, Колумбии, Ганги, имеющих вековую историю, добывают ежегодно не более 25 пудов платины, а в России за истекший с начала разработок период ежегодно получают более 100 пудов. И действительно, только в 1828 г. с одних лишь демидовских присков поступило платины более, чем ежегодно давали все платиновые разработки за рубежом.

Несмотря на рост поставок сырой платины, цены на нее непрерывно росли, и это стимулировало добычу. Цена платины в пятилетие с 1885 до 1890 г. составляла 0,44 цены золота. В следующем пятилетии уже 0,56. В 1900—1905 гг. цены золота и платины почти сравнялись, а в следующие пять лет платина стала в 1,26 раза дороже золота. В период с 1887 по 1913 г. платиновая промышленность России была закабалена иностранным капиталом. За это время было добыто на Урале 224 т платины, за которые Россия получила лишь 200 т золота. Обработка в России не производилась — вся сырая платина шла на вывоз.

Россия была главным поставщиком платины на мировой рынок, но не единственным. На рубеже XVIII и XIX столетий в Колумбии добывалось по 200—300 кг платины в год. В последующие годы вплоть до первой мировой войны добыча платины в этой южноамериканской стране удерживалась на уровне 300—400 кг в год. Поставляли платину также США и Канада. Небольшие количества платины стали добывать также в Австралии (Н. Ю. Уэльс), Тасмании, Новой Зеландии, на острове Борнео (Калимантан), в Индии, Испании. И все же вся их совместная добыча была незначительной по сравнению с добычей России. В 1900 г., например, вся мировая добыча была около 6 т, в том числе русская 5,1 т. К 1913 г. мировая добыча достигла цифры 7 т, из которых на долю русской платины приходилось около 5 т. До первой мировой войны США добывали у себя меньше 1% платины, которую потребляли. В штатах Калифорния, Орегон, Аляска, Невада велись разработки, но они явно не удовлетворяли спроса промышленности.

Первая мировая война дала толчок к небывалому развитию химической, электротехнической и авиационной промышленности, поглощающих значительные количества платины. Начиная с 1915 г. усилились поиски платиновых месторождений и новых способов добычи, дающих наиболее полное извлечение ее из бедных руд. Вывоз платины из России был прекращен. Резко увеличила свою добычу Колумбия, доведя ее до 2 т в год. В Канаде и США развернулись работы по попутной добыче платины из медно-никелевых руд. Если в 1913 г. там было добыто платины всего 32 кг, то в 1920 г. уже 450 кг. Расширили добычу Япония, Испания, Тасмания и другие страны.

Поиски привели к открытию коренных месторождений платины в Южной Африке. Темпы добычи усиливались применением гидравлического способа и использованием драг.

Как же выглядит картина добычи нужнейших сейчас платиновых металлов на земном шаре? В 1969 г. весь капиталистический мир добыл 44 т платиновых металлов. В том числе платины 29,37 т. Крупнейшими поставщиками этих металлов стали Южно-Африканская Республика и Канада. Добыча распределяется примерно так (1969 г.): Южно-Африканская Республика 34,2 т платиновых металлов, из них собственно платины 24,6 т; Канада соответственно 8,28 т и 4 т, США добыли менее одной тонны, а Колумбия 0,37 т, остальные страны и того меньше. Из всего добытого металла примерно 50% извлекается из россыпей, 10% — из рудных месторождений, а 40% попутно при разработке руд других металлов.

Советский Союз, как и прежде, является наиболее крупным производителем платины во всем мире.

## МЕТАЛЛУРГИЯ ПЛАТИНЫ

### КОВКАЯ ПЛАТИНА

Самородная платина, как оказалось, представляла собой сплавы, в которых собственно платины было около 80%. Не только благородные металлы — палладий, родий, иридий, осмий, рутений, но и самые обычные — железо, медь могли быть составными частями таких сплавов. Разновидность самородной платины поликсен, например, содержит 9—11% железа, до 0,8% меди и от следов до

десятих долей процента никеля. Еще богаче железом оказался природный сплав, называемый ферроплатиной, в нем железа от 16 до 19%, а меди до 3%. Естественно, что из самородной платины на первых порах не удавалось получить ковкого металла.

Как указывают, первый платиновый тигель был изготовлен в 1784 г. химиком Ашаром. Первый открыватель спутников платины Волластон был превосходным химиком своего времени, но по образованию он был врач. Разочаровавшись в своей медицинской практике, он с 1800 г. посвятил свою жизнь химической науке. Но занятия эти не могли принести ему какого-либо дохода, и средства к существованию Волластон получал выделкой платиновой посуды по способу, который открыл сам. Эти средства, видимо, были вполне достаточными, если ученый мог позволить себе такие забавы, как было при открытии палладия. Способ получения ковкой платины Волластон держал в строгом секрете, который раскрыл лишь за два года до своей смерти, когда стало известно, что совершенно самостоятельно подобный способ разработан в России П. Г. Соболевским.

Конец XVIII и начало XIX вв. в истории платины знаменательны стремлением химиков и техников научиться изготавливать из нее изделия. Главное затруднение в получении ковкой платины заключалось в примесях железа и высокой температуре плавления металла. Первыми металлургами платины, кроме Волластона, были в основном французы: де Лилль, Гитон де Морво, Ашар. Больших успехов достиг парижский золотых дел мастер Жанетти. Каким же путем получали они ковкую платину? Сырую платину сплавливали с мышьяком и получали легкоплавкий сплав. После этого мышьяк выжигали продолжительным нагревом, а платина оставалась в виде целого куска, хорошо поддающегося ковке. Способ Волластона принципиально отличался от этого процесса — в своей первой стадии он был гидрометаллургическим. Сырая платина растворялась в царской водке, после чего из раствора платина в виде желтого осадка выделялась нашатырем. Этот осадок отцеживался, высушивался и прокаливался в печи. При этом нашатырь улетучивался, а платина оставалась в виде рыхлой губчатой массы. Ее спрессовывали в горячем состоянии и получали плотную массу металла, годного на поделку различных изделий.

## ПЛАТИНА И СТАЛЬ

Изучению свойств платины, ее аффинажа, металлургии и применения в огромной мере содействовало открытие в 1819 г. платиновых россыпей на Урале. Зерна белого металла были найдены при добыче золота сначала в Верх-Исетском, а затем и в Невьянском округах. Удивительная история, происшедшая с платиной в Южной Америке, до некоторой степени повторилась в России. Первоначально охотники использовали ее зерна в качестве ружейной дроби. Платину по 5 копеек за золотник (4,26 г) скупал для подделки золота оставшийся неизвестным для истории фальшивомонетчик.

Правительство нашло платине одно единственное применение — ее сплавляли с медью и изготавливали из этого сплава пушки.

К началу XIX в. относятся первые фундаментальные работы по выделке стали в России. Известность получила сталь крепостного сталевара С. И. Бадаева. Талантливый мастер был выкуплен правительством у его владельца за 3000 рублей и даже награжден медалью. Его основные работы относятся к 1811—1815 гг., но, когда была открыта уральская платина, Бадаев провел весьма интересные опыты по изготовлению стали с присадкой этого металла. Новая сталь обладала способностью отлично свариваться и могла применяться для таких ответственных деталей, как монетные штампы.

Горный инженер А. Н. Архипов интересовался не сталью, а платиной. Он разработал способ отделения платиновых шлихов от золота и искал применение новому металлу. Первые изделия из платины были изготовлены Архиповым в 1825 г.: кольцо, чайная ложка, чернильница, цепочка. Сплавляя медь с платиной (20%), инженер получил кислотостойкий сплав. Он предложил использовать платину для украшения фарфоровых и стеклянных изделий. Обратившись к использованию платины в сталелитейном деле, он достиг замечательных успехов. Выплавленная им платинистая сталь резала железо, чугун, стекло. «Алмазную» сталь, как стали ее называть, Архипов предложил использовать при изготовлении ответственных деталей и прежде всего ружейных стволов. Подобную же «алмазную» платинистую сталь выплавил и начальник Гороблагодатских заводов Н. Р. Мамышев. В своих

письмах президенту Академии художеств А. И. Строганову, путешественнику П. П. Свиньину и другим он сообщал, что получил сталь «чрезвычайной доброты». Она раскалывала жесткий чугун, царапала стекло, а железо резала «как олово». Его сталь была предварительно цементирована (насыщена углеродом), и при закалке на ее поверхности появлялся рисунок, сходный с узорами дамасской стали.

С именем Михаила Фарадея, знаменитого ученика Г. Дэви, связаны прежде всего понятия об основных законах электрохимии. Значительно реже упоминается о деятельности этого ученого как металлурга. Будучи сыном кузнеца, Фарадей в первый период своей научной деятельности ряд работ посвятил изготовлению специальных сталей. Когда из Бомбея в Королевское общество были доставлены образцы индийского булата, или вуца, из которого там изготавливались изделия особой твердости, Фарадей обратился к тщательному их изучению. Проводя химический анализ образцов, ученый нашел в них примеси алюминия. Он предположил, что алюминий и придает стали твердость, которая стала «притчей во языцех». Он выплавил такую сталь и протравкой получил характерные для булата узоры, но ожидаемая твердость, видимо, получена не была, так как Фарадей ничего не упомянул о ней. Алюминий тогда был новым металлом и вызвал всеобщий интерес, но не меньше его умы исследователей волновал и другой новый металл — платина. Ученый опробовал и его действие на сталь. Полученная им платинистая сталь показала превосходные качества.

Финансовое положение России после наполеоновского нашествия было в плачевном состоянии. Не хватало серебра для чеканки монет. Обеспокоенный этим министр финансов граф Е. Ф. Канкрин решил пустить платину на выделку монеты и за советом по этому вопросу обратился к знаменитому ученому-натуралисту А. Гумбольдту, считавшемуся большим знатоком металлов и минералов. Ответа от ученого не поступало долгое время, и министр принял самостоятельное решение, отдав приказ монетному двору приступить к чеканке денег из платины, на что было отпущено 900 пудов (около 15 т). Уже после этого пришло письмо от Гумбольдта, но оно не было утешительным для графа: ученый не разделял его



чаянный. Завязалась переписка, в которой Канкрин обосновывал свое решение, а Гумбольдт высказал желание побывать в России, ознакомиться с ее природой и богатствами. Граф постарался получить на это разрешение царя. Путешествуя по России, ученый посетил Златоуст, где русский металлург П. П. Аносов проводил работу по раскрытию секрета булата. Прекрасный клинок настоящей булатной стали, выплавленной в Златоусте, был преподнесен знаменитому ученому. Об этом с восхищением Гумбольдт написал своему российскому покровителю Канкрину, сообщая, что желтоватые узоры на поверхности клинка несомненно свидетельствуют о том, что это настоящий булат.

Как раз перед этим стало известно о работах Фарадея по получению платинистой стали и о его мнении, что она и является булатом. Об Аносове не раз слышал министр финансов, теперь же, когда о нем еще напомнил и Гумбольдт, Канкрин в тот же день отправил предписание — поручить П. П. Аносову лично провести опытные плавки стали для получения булата по способу Фарадея. Аносов, однако, сам внимательно следил за работами Фарадея и, выполняя предписание министра, лишь продолжил уже начатые до этого работы по получению платинистой стали. Не только платина, но и многие другие металлы были опробованы им в качестве легирующей добавки к стали. Опытные работы по получению стали с платиной были успешно завершены, и Аносов сообщил, что полученные образцы были тверды, остры, пригодны для бритв. Однако, как показали дальнейшие исследования великого металлурга, секрет булата был не в платине. Таким образом, в работах Аносова платина не заняла большого места.

Почему же все-таки платинистая сталь не получила впоследствии большого распространения, ведь прекрасные качества ее показаны и Фарадеем, и Бадаевым, и Архиповым, и Аносовым?

Объясняется это просто. Дальнейшее развитие металлургии и химии показало, что подобных качеств можно добиться, легируя сталь и другими металлами, а платине нашлась такая область применения, где ее ничем было заменить, и по цене она стала дороже золота.

## ПЛАТИНОВАЯ МОНЕТА

Не следует думать, что граф Канкрин отдал приказание о чеканке платиновой монеты, исходя просто из своих размышлений и наличия большого количества платины. Прежде чем он утвердился в своем решении и получил на него высочайшее соизволение царя, была проделана большая исследовательская работа. Создать нужную температуру для плавки платины в то время было технически недостижимым делом. Способ, которым пользовались в Европе, с использованием мышьяка оказался не только опасным, но и очень трудоемким. Обжиг куска сплава весом в 500 г продолжался несколько дней, а платины при этом получалось всего лишь 150 г. Обер-берг-пробиреру П. Г. Соболевскому было поручено найти более рациональный способ получения ковкой платины. 24 мая 1826 г. Соболевский и его помощник после длительного и энергичного труда завершили разработку способа, который позволял наладить чеканку монеты из платины в массовом количестве. Это был не узкомасштабный, а производственный технологический процесс. Сущность способа заключалась в следующем. Сырую платину очищали так же, как это делал Волластон, хотя о его способе русским мастерам ничего известно не было. Платиновую губку после этого набивали (очень плотно) в толстую кольцеобразную железную форму и сдавливали ее винтовым прессом. Полученный платиновый кружок был только заготовкой — он не мог противостоять ударам, легко ломался и крошился. Его нагревали до белого каления и в таком виде снова подвергали давлению винтового пресса. Зерна платины при этом сливались в плотную массу, и кружок приобретал твердость, ковкость и тягучесть. Прокаленные после этого кружки превращались в полоски или прутки требуемого размера. Так получали материал, который можно было с успехом использовать для чеканки монеты. Это было рождением порошковой металлургии, получившей уже в наше время такое большое развитие. Первые изделия из порошковой платины Соболевский демонстрировал на торжественном собрании ученого комитета по горной и соляной части. Проволока, жетоны, медали, чаши — все это окончательно убедило Канкрина, что к чеканке монет можно приступать, не опасаясь технологических затруднений. По

его представлению Николай I утвердил рисунки для чеканки платиновой монеты достоинством 3, 6 и 12 рублей. Дело это было на полном ходу, когда Гумбольдт, скептически к нему отнесшийся, путешествовал по России. За 18 лет выпустили монеты на 4 251 843 рубля. Это был единственный и недолговременный опыт чеканки монеты из платины. Платиновая монета дала возможность выйти из послевоенного денежного кризиса. Тогда почему же прекратился ее выпуск в дальнейшем? Ответ на этот вопрос однозначен. В то время, когда были открыты богатейшие платиновые россыпи Урала, новому металлу не находилось широкой области применения, но изучение его свойств проводилось очень интенсивно во всех лабораториях мира. Результаты этих работ установили, что платина — ценнейший металл, которому суждено сыграть огромную роль как в исследовательских работах, так и в промышленности. Платина в русских монетах была призвана заменить серебро, тогда как через несколько десятилетий она стала цениться дороже золота. Добыча же серебра в России вскоре, как уже говорилось, начала успешно развиваться.

#### АФФИНАЖ И ПЛАВКА ПЛАТИНЫ

Изучение сырой платины касалось прежде всего разделения ее на составные части, очистки и выделения каждого металла в отдельности. Волластон первым открыл в сырой платине присутствие другого металла и естественно, что он был и первым автором ее аффинажа. Его схема, конечно, была далека от совершенства, и над разработкой рационального процесса разделения платиновых металлов напряженно трудились как русские, так и зарубежные ученые. Если в 1827 г. Берцелиус от Канкрина получил полфунта сырой платины, то в 1846 г. Горный департамент подарил ему 5 фунтов платиновых остатков. Эти подарки с лихвой окупались научными исследованиями шведского ученого.

Процесс разделения металлов платиновой группы на аффинажных заводах основан на различной их растворимости в химических реагентах. И до сего времени он не прост. Одна из известных схем аффинажа заключается в следующем. Сырую платину загружают в большие фарфоровые котлы и заливают царской водкой. Обогрев осу-

ществляется горячим воздухом (воздушная баня). Все переходит в раствор, за исключением песка и осмистого иридия, который выпадает на дно в виде черного осадка. Слитый в другие котлы раствор упаривают до консистенции жидкой кашицы, представляющей из себя хлорные соли платины, железа и других металлов. Кашицу растворяют в воде и добавляют туда же нашатырь. Хлорная платина взаимодействует с ним, образует комплексное соединение, которое выпадает на дно в виде ячно-желтого осадка. «Нашатырную платину» отфильтровывают и после промывки просушивают и прокаливают. При красном калении осадок разлагается, аммиак и хлор улетучиваются, а платина остается в виде спекшейся губчатой массы. Таким образом достигается чистота 99,7—99,8%. Из раствора выделяют родий и палладий. Иридий и осмий не трудно отмыть от песка; разделение же их сложнее и применяется не всегда — во многих случаях на различные технические детали употребляется природный сплав. Этот способ был впервые предложен К. Клаусом, после чего усовершенствован Н. И. Подкопаевым и Н. Н. Барабашкиным уже в советское время.

В царской России не было своих аффинажных заводов. Еще в 1910 г. при Горном департаменте было созвано совещание, на котором профессором Н. С. Курнаковым (впоследствии академик) был поставлен вопрос о том, чтобы русская платина очищалась в России. Этому предшествовала разработка практических мероприятий, но... работа совещания была прекращена по настоянию германского посла; поставленный вопрос шел вразрез с русско-германским договором, по которому Россия не могла запретить вывоз сырья. Когда в конце 1913 г. срок этого договора истек, то был издан закон о вывозных пошлинах на сырую платину, но обойти этот закон для ловких дельцов не составляло затруднений. В период первой мировой войны вывоз сырой платины частным лицам был запрещен и тогда же было дано разрешение на постройку частного аффинажного завода в Екатеринбург. Завод этот строился Николаевско-Павловским акционерным обществом и был закончен в 1917 г. Сразу же после Октябрьской революции при Академии наук в Петрограде был учрежден Институт по изучению платины и других благородных металлов. Первым директором его был Л. А. Чугаев, а после его смерти в 1922 г. Н. С. Кур-

наков. Работы этого института, равно как и работы научно-исследовательской лаборатории государственного аффинажного завода, были взяты за основу для разработки технологической схемы аффинажа в промышленном масштабе.

Расширению областей применения платины препятствовало отсутствие удовлетворительного способа получения пластичного металла. Порошковая металлургия П. С. Соболевского была хороша для чеканки стандартных изделий простого профиля — монет, но для разнообразных поделок все более требовалась платина плавная. Обработка платины была чрезвычайно затруднительна, и из-за этого спрос на нее не поднимался. В середине XIX в. своим способом выплавки алюминия прославился французский ученый Сен-Клер Девиля. Им же был изобретен вполне приемлемый в технике способ получения плавной платины в больших количествах и улучшены способы ее очистки. Большую часть работ в этом направлении Сен-Клер Девиля совместно с другим ученым Дебре проводил по поручению русского правительства, которое передано было ему через академика Б. С. Якоби.

Для плавки платины французские ученые применили высокотемпературное пламя гремучего газа. Плавильная печь выкладывалась кусками извести и была устроена так, что имела возможность наклона для слива расплавленного металла в формы, изготовленные из туфа. Платина плавится при  $1769^{\circ}\text{C}$ , но в печи развивалась такая температура, что она была пригодна и для получения в жидком виде более тугоплавких платиноидов — родия ( $1960^{\circ}\text{C}$ ) и даже придия ( $2454^{\circ}\text{C}$ ). Способ Сен-Клер Девиля и Дебре был разработан в 1859 г. и с тех пор многократно усовершенствовался. Он несомненно способствовал расширению областей применения платины.

## ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### ПЛАТИНА В НАУЧНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Не случайно один из пионеров использования платины в технике горный инженер А. Н. Архипов называл ее «неистребимым металлом». Еще в 1825 г. он предсказывал, что платина станет незаменимым материалом для изготовления наиболее ответственной аппаратуры в лабора-

ториях и на заводах. Профессор Харьковского университета В. К. Каразин определял платину как самую сложную «неразлагаемую для химии стихию». Утверждение, конечно, слишком поспешное, но отражающее восхищение перед химической стойкостью металла. Действительно, платина не растворяется ни в горячей соляной кислоте, ни в кипящей азотной, ни в плавиковой; лишь царская водка может перевести платину в раствор. Серная кислота только при  $250^{\circ}\text{C}$  слегка воздействует на нее. Естественно, что она стала незаменимым материалом для изготовления лабораторной посуды. Г. Дэви был одним из первых исследователей, использовавших это замечательное свойство платины. Открытие щелочных металлов калия и натрия проведено им с помощью платиновой ложки, платинового листа и платиновой проволоочки. С того времени платина заняла прочное место в исследовательских лабораториях. Способствовала этому не только кислотостойкость, но и другие качества этого металла: тугоплавкость ( $1769^{\circ}\text{C}$ ), окислительная стойкость, большая плотность (21, 45) и атомный номер (78). Достаточно сказать, что основы спектрального анализа Р. Бунзеном и Г. Кирхгофом закладывались при изучении цвета пламени веществ, нанесенных на платиновую проволочку. К. Рентген, конструируя свою трубку для получения Х-лучей, в качестве материала антикатада выбрал тот же металл, а русский ученый К. Д. Хрущов в герметически закрытом платиновом тигле получил искусственные минералы — магнезиальную слюду и роговую обманку, после чего в чугунной бомбе с платиновой обкладкой внутри синтезировал циркон и пытался изготовить алмаз.

На первых порах использование платины при лабораторных исследованиях было затруднено отсутствием хороших способов получения пластичного металла, но, как уже говорилось, это препятствие было вскоре преодолено. Волластону, например, из одного грамма платины удалось вытянуть нить длиной более 70 километров.

В наше время платина — инвентарь не только прекрасно оснащенных заводских, но и полевых лабораторий, в которых по цвету пламени определяют входящие в состав того или иного минерала элементы. Для того чтобы не примешивалась к определяемому цвету посторонняя окраска, капля раствора наносится на сплавлен-

ную бурю на платиновой проволочке. Это так называемая проба на перлах буры.

При анализе бронзы, латуни и других сплавов, где медь является основным и затрудняющим определение компонентом, ее отделяют электролизом в компактном лабораторном приборчике. Приборчик включает в себя источник постоянного тока и электроды из платины. В электролите, оставшемся после отделения меди, без затруднений определяют вошедшие в сплав металлы; содержание же меди очень точно находят по привесу на платиновых электродах и легко избавляются от нее, промыв электроды в азотной кислоте, которая растворяет медь, совершенно не воздействуя на поверхность платины. Аналогичным методом отделяют никель, свинец и другие металлы. Правда, некоторые из них, такие как цинк или висмут, осаждают на предварительно омедненные электроды, так как они могут испортить платину, образуя с ней сплав.

При амперометрическом титровании — новом методе анализа — электрод изготавливают из платины. Такой же электрод требуется и при измерении концентрации водородных ионов, т. е. при определении кислотности раствора. Платиновые чашки, проволочки, ложечки, тигли — непременный лабораторный инвентарь для чисто химических, классических методов. Нельзя не согласиться с утверждением, высказанным еще в прошлом столетии отцом агрохимии Ю. Либихом: «Без платины было бы невозможно во многих случаях сделать анализ минерала, состав большинства минералов остался бы неизвестным».

## ПЛАТИНА В ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Лабораторный эксперимент в большинстве случаев — преддверие производственного процесса. Крупнейшим потребителем платины и ее сплавов являются серноокислотные заводы. Котлы, реторты, трубки, перегонные аппараты, внутренние обкладки кислотоупорных сосудов — все это часто требует платины или платиновых сплавов. Именно там прежде всего платина удешевляется золотом, которое позволяет сохранить сплаву высокую коррозионную устойчивость. В последнее время для этих целей стали использовать сплавы, в которых на две части платины приходится три части золота или даже на одну часть пла-

тины девять частей золота. Конечно, не только серно-кислотное, но и целый ряд других химических производств используют кислотостойкость платины и ее спутников. Прежде всего это производство плавиковой кислоты.

Очень важна платина в промышленности искусственного и синтетического волокна. Для того чтобы получить тончайшие нити вискозы, капрона, нитрона и других тканевых материалов, растворы их необходимо пропускать через мельчайшие отверстия фильер. Материал фильер должен быть прочен и устойчив против действия серной кислоты и щелочей. Это не единственное требование. Весьма важно, чтобы каналы отверстий в фильерах длительное время сохраняли полированную поверхность. В противном случае нить будет нестандартной по диаметру, выдавливание ее будет тормозиться, что может привести и к ее обрыву. Существует множество сплавов для изготовления фильер, но все они в основе своей имеют платину. Платина с золотом, платина с родием, платина с иридием — сплавы, имеющие наибольшее распространение в этой отрасли химической промышленности.

Немалое место занимает в современной технике и стеклянное волокно. Фильеры для его производства отличаются тем, что должны сохранять прочность и коррозионную стойкость при высоких температурах. Собственно говоря, фильеры эти обычно вмонтированы в сосуд для плавки стекломассы. Наиболее подходящим материалом для этого является сплав платины с 7—10% родия, выдерживающий требуемую температуру 1400° С.

Наряду с тончайшими электрохимическими методами анализа развилась и крупномасштабная электрохимическая промышленность. Сегодня с помощью электрического тока наносят на детали защитные и декоративные металлические покрытия, производят аффинаж, выделяют из растворов (или расплавов) различные металлы, готовят щелочи, соду и другие продукты. В последних случаях требуется подвод тока к нерастворимым анодам. Незаменимым материалом для таких анодов являются платина и ее сплавы. Наиболее коррозионностойким материалом для этих целей служит сплав платины с 10% иридия.

Не следует, однако, думать, что платина такой абсолютно инертный материал, который годен во всех случа-



ях, где требуется устойчивость против химических агентов. Если кислоты и расплавленные карбонаты не воздействуют на платину, то расплавы щелочей, особенно в присутствии окислителей, разъедают ее. Разрушается платина расплавленным германием и парами калия. Фосфор, цианиды, галоиды и некоторые другие химические вещества весьма неблагоприятно влияют на поверхность платины. Этим, конечно, несколько не умаляется значение платины и ее спутников в химической промышленности. Умелое использование их обеспечивает благоприятное течение многих технологических процессов, прежде всего там, где требуется устойчивость против действия кислот.

## ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ В КАТАЛИЗЕ

Химикам начала прошлого века приходилось сталкиваться с новым для них явлением: та или иная реакция ускорялась присутствием какого-нибудь вещества, в реакции не участвующего. Французский ученый Л. Тенар еще в 1815 г. обнаружил, что в присутствии мелкоизмельченной платины или других благородных металлов перекись водорода разлагается значительно быстрее. Через два года после этого Г. Дэви вместе со своим братом Э. Дэви обратились к изучению действия раскаленных металлов, прежде всего платины, на горячие газы и пары. Э. Дэви еще до этого удалось установить, что губчатая платина способствует превращению спирта в уксусную кислоту на холоде. Эти работы очень заинтересовали И. Деберейнера, который повторил их и получил тот же результат. Э. Дэви наблюдал очень любопытное явление: струя водорода, пропущенная над платиновой спиралью, заставляет ее накаливаться, отчего происходит воспламенение водорода. Деберейнер стал пропускать над губчатой платиной гремучий газ и обнаружил, что он при этом воспламеняется уже при обычной температуре. Если принять во внимание, что прообраз современной спички появился только в 1805 г. и представлял собой лучинку с зажигательным составом, которую для воспламенения нужно было погружать в серную кислоту, то легко понять, что сконструированное Деберейнером зажигательное устройство представляло собой определенный интерес. «Мгновенный зажига-

тельный ящик» как называли первые спичечные коробки, конечно, в стационарных условиях уступал «деберейнерову огниву». Последнее, естественно, не вошло в широкую практику и вспоминается сейчас как научный курьез, но оно прекрасно демонстрирует каталитические свойства платины.

Техника все же использовала открытие Деберейнера, хотя и спустя много десятилетий. Автоматическое газозажигание в присутствии губчатой платины, «водородное огниво», не что иное, как усовершенствованное в соответствии с требованиями и задачами определенных производств «деберейнерово огниво».

Слово «катализ» в химическую литературу ввел в 1835 г. Берцелиус, но оно не было новым: его употреблял еще алхимик Либавиус в смысле — разложение, разрушение. Каталитические свойства обнаруживались химиками не только у благородных металлов, но и у неблагородных, и даже у неметаллов, но платина и платиноиды стали наиболее распространенными катализаторами.

Случай успешного применения платиновых металлов в качестве катализаторов составляют очень длинный перечень. Упомянем наиболее важные из них. Прежде всего это относится к производству серной кислоты. Платина потребовалась в процессе не только как материал аппаратного оформления, но и как активный участник технологии. Серную кислоту умели готовить еще алхимики, но техническое ее производство развернулось лишь в наше время. Первоначально процесс требовал громоздких установок и отличался сложностью. В 1873 г. ученый К. Винклер нашел, что сернистый газ быстро окисляется кислородом воздуха в присутствии платины. В 1890 г. на Баденском анилиновом и содовом заводе был поставлен производственный процесс выработки серной кислоты из газов, полученных при обжиге пирита. Процесс шел в присутствии платины и был назван контактным. Этот способ в наше время принят почти повсеместно.

О проблеме связанного азота, о знаменитом синтезе Габера рассказывается в каждом школьном учебнике химии. В большинстве случаев при этом не упоминается о том, что далеко не сразу удалось наладить производственный процесс получения аммиака. Положительное решение поставленной задачи пришло лишь тогда, когда был удачно подобран катализатор. Действие наиболее извест-

ных в то время катализаторов обнаруживалось лишь при температурах свыше  $700^{\circ}\text{C}$ , и выход аммиака с их применением был ничтожно мал. Попытки усовершенствовать процесс с помощью увеличения давления до 200 атмосфер не дали ощутимого результата. В лаборатории Высшей технической школы в Карлсруэ химики начали энергичные поиски лучшего катализатора. Через некоторое время они предложили осмий. Руководство завода очень недоверчиво отнеслось к результатам их изысканий и согласилось испытать новый катализатор лишь после длительных уговоров. Первый же опыт показал всю серьезность проведенных исследований. Тонко распыленный осмий заставил реакцию идти в нужном направлении, причем температуру оказалось возможным снизить на 100 с лишним градусов, что имело тогда решающее значение. В дальнейшем, правда, осмий как дорогой и дефицитный металл был заменен другим катализатором, но сдвинуть проблему с места удалось благодаря именно ему.

Синтез аммиака открыл широкую дорогу для получения азотнокислых солей и технически опроверг мрачное предсказание В. Крукса о надвигающемся на человечество азотном голоде. Перевод же аммиака в азотную кислоту опять потребовал катализатора, и таким оказалась платина.

В 1842 г. Н. Н. Зининым был осуществлен знаменитый синтез анилина из нитробензола, послуживший основой широкого развития анилиноокрасочной промышленности. В 1871 г. другой казанский профессор А. П. Зайцев нашел катализатор, ускоряющий реакцию образования анилина, — палладий.

Необычный размах приобрел в наши дни органический синтез. Успех этого производства обусловлен умелым использованием катализаторов, среди которых платиновые металлы занимают самое почетное место. Дегидратация спиртов, углеводов, гетероциклических соединений, гидрогенизация ацетиленов и его производных, циклических и ароматических углеводов, альдегидов, кетонов, органических кислот, восстановление нитробензолов, галогенных соединений — все это осуществляется с помощью металлов платиновой группы, прежде всего самой платины и палладия. Родий и рутений были менее изучены в этом отношении, но последние научные данные показали в отдельных случаях ряд их важных преимуществ.

Как было сообщено на недавнем филаделфийском международном конгрессе, в каталитическом процессе гидрогенизации бензола заметное влияние на ход реакции оказывают все платиновые металлы, однако лучшим следует считать родий, после него рутений и лишь затем платину и палладий.

Рутений, получаемый ранее в незначительных количествах, не находил заметного применения. Теперь с его помощью получают синильную кислоту из аммиака и метана, полимерный этилен, глицерин из целлюлозы и многое другое. Академик А. А. Баландин и его сотрудники показали, что такой бросовый материал, как лузга подсолнуха, коробочки хлопчатника, древесные опилки, кукурузные кочерыжки, при использовании рутениевого катализатора могут стать источником получения ценных химических продуктов.

Очень часто в производстве используется не чистый платиновый металл, а его сплав с другим. Это обуславливает больший процент контактирования и уменьшение потерь катализатора. Примером может служить общеизвестный процесс окисления аммиака в азотную кислоту. В заводских установках имеются катализаторные сетки, изготовленные из сплавов платины с 7% родия или с 3% палладия.

Этот процесс, разработанный отечественным специалистом Андреевым в Донбассе в 1915 г., до сих пор имеет значение в производстве селитры для удобрения полей.

Огромную роль играет чистота поверхности катализатора. Было установлено, что многие из них могут инактивироваться теми или иными побочными соединениями, прежде всего газами. С другой стороны, в отдельных случаях возможно повысить активность катализатора обработкой соответствующими химическими реагентами. Поверхность катализатора шероховата — имеет впадины и возвышенности. Активными точками катализатора являются пики. Потому-то катализатор и вводится в технологическую схему в мелкораздробленном состоянии. И все же общая площадь такой поверхности в редких случаях превышает 5% всей поверхности катализатора. Инактивация объясняется тем, что на активных точках катализатора сосредоточиваются молекулы газа — примеси, препятствующие доступу к ним реагирующих веществ. Процесс этот получил в технике выразительное название

отравления, а инактивирующие вещества — контактных ядов. Действие последних отрицательно сказывается на течении каталитического процесса. Наиболее сильный яд — синильная кислота отравляет катализатор, присутствуя в ничтожной концентрации 1:20 000 000. Восстановить активность катализатора после его отравления можно, но это часто — длительный процесс, что в заводских условиях недопустимо.

В последнее время в производстве серной кислоты платине найдена замена — пентаокись ванадия. Этот катализатор имеет большие преимущества в том, что несравненно дешевле и значительно меньше подвержен действию контактных ядов. Однако процент выхода готового продукта гораздо выше в процессе с использованием платины.

Для того чтобы обеспечить чистоту и дисперсное состояние катализатора, его в большинстве случаев готовят восстановлением соответствующих солей. Одновременно производится и нанесение его на асбест, пемзу, кизельгур, стеклянную вату, глину, пористую керамику и т. п. Платинированный асбест, например, готовится следующим образом. Асбестовую вату смачивают раствором хлорной платины и муравьинокислого натрия, после чего весьма тщательно перемешивают. Из полученной массы лепят комья величиной с кулак, укладывают их в чашки и ставят на сутки в печь, где поддерживается температура около 60° С. Муравьинокислый натрий восстанавливает на это время платину до металла, и она в виде мельчайших частиц закрепляется на волокнах асбеста. Побочными продуктами реакции являются поваренная соль, соляная кислота и углекислый газ. Комья из желтоватых становятся серыми. Массу отмывают, расщипывают и просушивают в противнях. Перед загрузкой в контактный аппарат ее еще раз расщипывают до состояния ваты.

Если говорить об использовании платины и платиновых металлов в химической промышленности, то сухие цифры статистических данных, пожалуй, наиболее ярко подчеркнут их значение. От всего количества добываемой платины 55,1% направляются в химическую промышленность, палладия 12,5%, иридия, родия, рутения и осмия 43,8%. Конечно, не все эти количества употребляются на приготовление катализаторов, много идет как конструк-

ционный материал — об этом уже говорилось выше, но основная масса используется именно для этих целей.

## ПЛАТИНА И ЕЕ СПУТНИКИ В ЮВЕЛИРНОМ ДЕЛЕ

От десятилетия к десятилетию цена платины росла. Если в 1890 г. она составляла менее половины цены золота, то в 1952 г. цена золота оказалась немногим более одной трети цены платины. Это, естественно, возбуждало живой интерес ювелиров. Платина оказалась дорогостоящим металлом, потому стали поступать заказы на ювелирные изделия из этого металла. Перед первой мировой войной 75% всего наличного количества платины в США потребляли ювелиры и зубные техники. Бриллианты, аквамарины, топазы и другие драгоценные камни, даже вделанные в какую-нибудь золотую вещь, стали окаймлять платиновой оправой. Первая мировая война вызвала острую потребность в платине. Заводы, выполнявшие военные заказы, нуждались в ней прежде всего как в катализаторе химических процессов. По окончании войны, особенно в начале 20-х годов, драгоценные украшения из этого вздорожавшего металла опять стали модными. В огромном количестве изготавливались платиновые кольца, часы, цепочки, броши, серьги с бриллиантами, запонки, брелоки, подвески и другие драгоценные безделушки. В больших количествах заказывались украшения из фальшивых бриллиантов и платиновых сплавов, которые, конечно, были значительно дешевле. Один из таких общеизвестных сплавов состоял из 55% платины, 18% меди, 27% никеля. Другой включал 60% платины, 21% никеля, 19% меди. Не дороже этих был и сплав, включающий в себя редкий металл иридий и золото: 10% платины, 2% иридия, 58% золота и 30% палладия. Палладий — единственный из платиновых металлов, который уступает золоту в цене. Добавки к платине в ювелирных сплавах не всегда преследовали удешевление ее; иногда это было средством повышения твердости. Примером может служить сплав из 90% платины, 5% золота и 5% иридия. Не миновали ювелирных сплавов все металлы платиновой группы, даже наиболее редкий — рутений. Большое распространение получили дорогостоящие сплавы следующего состава: 75% платины, 20% палладия и 5% родия; 95% платины, 1% родия и 4% рутения.

В ювелирных изделиях много уделяется внимания и покрытиям из благородных металлов. Тонкий слой родия обладает высокой твердостью, коррозионной стойкостью и, что главное для ювелиров, высокой отражательной способностью, нетускнеющим блеском. Естественно, что в ювелирном деле родневые покрытия стали вытеснять как серебряные, так и платиновые.

По данным на 1952 г., в Соединенных Штатах Америки всего 0,7% всей платины могли использовать ювелирные предприятия. Иридия, родия, рутения и осмия (в сумме) значительно больше — 20,3%. Объяснить это можно тем, что в то время еще не было широкого использования их в промышленности. За истекший с этого года период положение сильно изменилось и, конечно, доля этих металлов в ювелирных сплавах значительно снизилась. Спрос на драгоценности из платины все же был, и в последнее время ювелиры стали все больше заменять ее палладием, который получил товарное название «белого золота». Палладий и раньше употребляли на изготовление корпусов и некоторых других часовых деталей, медалей, жетонов. Высшей наградой за труды по геологии в Великобритании является медаль Волластона. Изготовлена она из металла, открытого этим ученым, — палладия. В свое время она была присуждена Чарльзу Дарвину, а из советских ученых этой награды был удостоен А. Е. Ферсман за его четырехтомный труд «Геохимия».

## ПЛАТИНА И ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ В МЕДИЦИНЕ

Зубные техники начали использовать платиновые сплавы почти одновременно с ювелирами. Прежде всего их, конечно, привлекала неокисляемость платины.

Чистая платина не могла удовлетворить требования зубных техников — она слишком мягка. Однако небольшие добавки меняют ее свойства: не снижая коррозионной стойкости, придают твердость. Для изготовления зубных коронок и искусственных зубов начали применять сплавы с серебром и никелем. Несколько позже в платину для этих целей стали вводить золото и платиновые металлы. Лучшую твердость такому сплаву придает иридий. В последнее время за границей широкое распространение получили сложные сплавы для зубных коронок, включающие платину, золото, серебро и палладий — коррозионно-

стойкие и износостойкие. Палладий в этой отрасли медицинской техники приобрел и самостоятельное значение — его также стали использовать в качестве материала для литых зубов, коронок, мостов, крючков и пр. Он значительно дешевле платины и мало уступает ей в неокисляемости, что в условиях эксплуатации зубопротеза совершенно не сказывается.

Платина обладает еще одним свойством, которое в зубопротезной технике имеет первостепенное значение. Это коэффициент термического расширения. Он очень близок к коэффициенту термического расширения стекла и фарфора. Забегая немного вперед, скажем, что в электротехнике первоначально приходилось использовать платину в тех местах, где ввод вплавляется в стекло. Использование другого металла привело бы к растрескиванию и разрушению «штабика», а стало быть к выходу лампочки из строя. Такой период был недолговременным, ибо сравнительно скоро нашли сплав с подобными же свойствами, состоящий из железа и никеля. Он получил название «платинит», хотя платина в него и не входит. Название говорит лишь о том, что сплав имеет такой же термический коэффициент расширения, как и платина. В зубопротезной технике коронки можно изготовлять и не из платины, а из золота (что делалось ранее и делается сейчас), но как материал штифтов, крапюнов для крепления зубов из фарфора золото явно не годится. Из-за неодинаковости коэффициентов термического расширения зуб вскоре отстал бы от штифта и вывалился. Платинит был бы более подходящим материалом для этой цели, но зуб не лампочка — он подвержен воздействию пищи, и вскоре бы появились признаки коррозии, не говоря уже о постоянном неприятном привкусе во рту. Только платина или платино-иридиевый сплав могут обеспечить надежное и долговечное крепление фарфоровых зубов. Правда, в последнее время для той же цели стали готовить более дешевые сплавы, но опять же на основе платинового металла — палладия.

Для медицины очень ценными оказались многие свойства металлов платиновой группы. Любопытно, что прежде всего была использована не антикоррозийность и твердость платиновых сплавов, а электросопротивление. Пожалуй, не будет ошибкой сказать, что в применении нити накаливания медицина обогнала... электротехнику! Как



известно, электрическая лампочка А. Н. Лодыгина появилась в 1873 г. Электрический аккумулятор в то время был еще в младенческом возрасте. А в 1867 г. с его помощью медики стали пользоваться приборами, в которых временно разогревающаяся платиновая проволока освещала отдельные полости человеческого тела. Конечно, пользование такими приборами не было продолжительным.

Требование на платиновые металлы прежде всего предъявлено хирургией. Замечательная твердость и неподверженность коррозии придают делают его исключительно ценным материалом для лезвий хирургических инструментов. Некоторые специальные инструменты изготавливаются из палладия. Платиновые сплавы употребляются также в наконечниках приборов для прижигания и для изготовления медицинских игл, как шнуровых, так и прежде всего шприцевых. Для последних запатентовано несколько рецептов, но наиболее рекомендуются следующие: 90% платины и 10% иридия; 10% платины, 61,5% золота и 28,5% палладия; 85—80% платины, 7,5—10% золота и 7,5—10% палладия; 94,5% платины, 5—0,5% золота, 0,5—5% палладия и, наконец, 75% платины, 5—15% золота, 0,5—5% палладия и до 10% иридия. Лучшими, конечно, являются сплавы, содержащие иридий. Приведенные многокомпонентные сплавы, как они не хороши, уступают простому — из 75% платины и 25% иридия. Инструменты из таких сплавов можно стерилизовать в пламени спиртовой горелки без боязни, что металл как-то изменит свои качества. Следует, однако, заметить, что в целях удешевления иридий нередко заменяют палладием. Это экономически выгодно не только потому, что палладий значительно дешевле, но и ввиду того, что он без малого в два раза легче.

Соли платиновых металлов также применяются в медицине. В какой-то степени применялся коллоидный раствор родия при лечении гриппа, а соли рутения — против туберкулеза. Некоторые химические соединения используются в медицине как технические препараты и среды. Четырехокись рутения при микроскопическом исследовании тканей применяют для окраски гистологических препаратов. Четырехокись осмия используют для окраски нервных волокон и жировых включений, а также при анализе крови. Особое значение имеет для клиник платино-синеродистый барий. Эта соль флуоресцирует под воздей-

ственным рентгеновских лучей. Ею покрывают экраны рентгеноаппаратов.

Из всего потребления платины в медицину идет 7,6%, а палладия 15%; доля родия, рутения и осмия значительно ниже — 1,2%.

## ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

В первой половине XIX в. русский академик Б. С. Якоби для улучшения работы телеграфного устройства предложил контрбатарею с платиновыми электродами. Контакт — неперенная часть электрической цепи. Для того чтобы ток в цепи не прерывался, поверхность контакта должна быть свободной от окислов. Максимальный срок службы контакта обеспечивается в тех случаях, когда он изготовлен из материала с малой окисляемостью при высоких температурах и достаточной прочностью. При слабых токах это играет особо важную роль; контактное сопротивление должно быть ничтожно малым, не должно также возникать паразитных токов. Этому условию лучше всего отвечают металлы платиновой группы. При разрыве электрической цепи возникает мгновенно высокая температура, и материал контакта при этом не должен оплавляться. Температура плавления платины и ее спутников достаточно высока.

При больших силах тока может возникнуть искровой разряд, вызывающий эрозию металла — перенос его с одного контакта на другой. Вследствие этого контакты могут привариться друг к другу и нарушить всю работу электрической установки, а иногда и вызвать аварию. В металлы платиновых и палладиевых контактов для предупреждения подобных случаев вводят медь и никель. К подобному легированию благородных металлов приходится подходить очень осторожно, ибо, снижая эрозию контактов, тем самым повышают и окисляемость их, что опять может нарушить нормальную работу. Как то, так и другое сокращает срок службы контактов за счет безвозвратных потерь металла. В мощных контактах не исключена возможность возникновения электрической дуги, и поэтому материал их должен быть особо тугоплавким и износостойким. Лучшей добавкой к платине и палладию является иридий. Самым надежным считается сплав из

75% платины и 25% иридия, по случается, что содержание последнего доводят до 30—40%. Иногда в таких сплавах иридий частично заменяется наиболее тугоплавким металлом — вольфрамом. Платина также во многих случаях заменяется более дешевым палладием, но тогда соответственно в сплав добавляется большее количество иридия, как наиболее тугоплавкого и износостойкого металла. Особенно важно присутствие иридия в контактах, работающих на разрыв. Условия эксплуатации контактов могут быть самыми различными. В наиболее жестких используются опять же сплавы платины с иридием или (как замена) платины с рутением. В современной технике телеграф и телефон, магнето автомобильных моторов и авиационных двигателей, электрические схемы сложных производственных установок — все это требует платиновых металлов.

Много написано о том, в каких муках рождалась электрическая лампочка. Первым удачным опытом была угольная нить. Прежде чем прийти к этому, А. Н. Лодыгин перепробовал нити из самых различных металлов. Больше всего надежды было на платиновую нить, но и она через короткое время сгорала. Как известно, за создание лампочки с угольной нитью Лодыгин был награжден Ломоносовской премией, но финансовой поддержки для завершения работ по массовому производству таких электроламп он не получил, и в результате, как писали газеты, мир был осчастливлен лампочкой Эдисона. С электричеством газ начал бороться еще до изобретения электрической лампочки. Объектом его нападок была «электрическая свеча» П. Н. Яблочкова, триумфально прошедшая 100 лет тому назад по всему миру. Замечательную услугу владельцам газовых заводов оказал тогда немецкий ученый Ауэр фон Вельсбах. Сконструированный им колпачок, пропитанный ториевыми солями, давал яркий ровный свет при накаливании пламенем газа. Сила света увеличилась в несколько раз, а потребление газа в шесть раз уменьшилось. Такое замечательное открытие дало газу неоспоримое преимущество перед электричеством. Угольные лампочки такой конкуренции выдержать не могли. Газовые компании торжествовали, а электрические вели лихорадочные поиски способов удешевления своего света. Как ни странно, из создавшегося тупика их вывел тот же Ауэр фон Вельсбах. Он предложил им по-

вый источник света — электрическую лампочку с нитью из осмия, которая потребовала в три раза меньше энергии, чем угольная, и давала более приятный, ровный свет. Теперь уже газовые компании вынуждены были обратиться к поискам способов удешевления своего света. Борьба продолжалась еще долго с переменным успехом. Были нити из тантала, из сплава осмия с вольфрамом — осрама, пока, наконец, завершающий удар не нанес первый изобретатель лампочки Лодыгин. Предложенная им нить из вольфрама и до сего времени сияет в лампочках всего мира. Осмий сыграл свою роль в деле электрического освещения, но соперничать с вольфрамом он был не в состоянии не только потому, что он гораздо более дефицитен. Из всех металлов вольфрам самый тугоплавкий. Его можно нагреть до температуры в три с лишним тысячи градусов, а чем выше нагрев, тем больше светоотдача. Потому именно первоначально лампочки с вольфрамовой нитью носили название «экономических». Осмий же перешел на службу к газовым компаниям: из него стали готовить сетки газонакаливаемых лампочек. Применение платины в осветительных лампочках, как уже говорилось, было недолговременным — сплав платинит окончательно вытеснил платиновые металлы из этой сферы. Но есть другие «лампы», в которых не обойтись без металлов платиновой группы: рентгеновские трубки, некоторые виды радиолампы, многие физические приборы.

Золото и платина — благородные металлы, в которых с точки зрения интересов электротехники есть существенное различие. Золото хорошо проводит электрический ток, немного хуже серебра и меди, тогда как сопротивление платины почти в семь раз выше. Это различие сильно увеличивается с нагревом. С повышением температуры электросопротивление платины очень быстро возрастает. Это свойство не только платины, но и ее спутников. Его использовали при изготовлении обмоток высокотемпературных лабораторных электрических нагревателей. Так с помощью обмотки из родиевой ленты достигают температуры в  $1800^{\circ}\text{C}$ . Такую же степень нагрева получают, применяя обмотку из сплава платины с 30% родия. Родий не дешевле платины, но в данном случае преследуются в основном не цели экономии, а лучшая обрабатываемость, ибо у чистого родия она довольно затруднительна. Печи с обмоткой из сплавов платиновых металлов не

только не дают высокого нагрева, но и отличаются длительностью службы.

Электрические сопротивления из платиновых металлов необходимы и для приборов прецизионных (особо точных) и автоматически управляемых. В обмотке потенциометров, как называются такие сопротивления, нужны материалы с низким температурным коэффициентом электросопротивления, стабильностью его, коррозионной устойчивостью, сопротивлением износу и другими качествами, которые требуются от материала контактов, ибо потенциометры и являются скользящими контактами. Проволока обмотки потенциометров имеет сечение всего 0,03—0,05 мм. Вытягивается она из сплава палладия с серебром или медью, платины с рением и некоторых других.

В металлургической, химической, энергетической и других отраслях промышленности необходим постоянный теплотехнический контроль. Замер температуры осуществляется термопарами. Это несложное устройство, представляющее собой два прутка металла, соединенные спаем, окруженные оболочкой и подключенные к милливольтметру. Металлы разнородные, почему при нагреве их спая в цепи возникает слабый электрический ток, напряжение которого тем выше, чем выше температура. Одна из первых термопар сконструирована известным французским ученым Ле Шателье. Ею широко пользуются и в настоящее время. Термоэлектроды ее состоят из платины и платинородиевого сплава, в котором родия 10%. Эта конструкция работает вполне устойчиво длительное время при измерении температур до 1300°С. Кратковременно она может работать и при 1600°С. Техника измерения температур перепробовала (и внимательно изучила) термопары с различными электродами. Было установлено, например, что несколько видоизмененная термопара Ле Шателье, в которой взяты электроды из сплавов платины с родием (1% и 13% соответственно), устойчиво работает до нагрева в 1450°С. Для измерения температур такого же порядка была в свое время сконструирована термопара с электродами из платины и платинорениевого сплава (8%), но выяснилось, что ей присущ существенный недостаток: рений испарялся, сплав кристаллизовался и приобретал хрупкость. Лучшее же показала термопара, когда во втором термоэлектроде уменьшили содержание

рения до 4,5% и добавили 5% родия. Если нагрев ограничен температурой 1200°С, то вполне применима более дешевая термопара с электродами из платины с 10% родия и сплава 60% золота с 40% палладия. Все более ощущается нужда в измерении высоких температур, для которых вышеназванные термопары непригодны. В ФРГ большое распространение получила сейчас термопара с электродами из платинородиевого сплава (с 30 и 6% платины и родия соответственно). В Великобритании предпочитают термопары с электродами из тех же сплавов, но с другими соотношениями платины и родия: платина с 20% родия и платина с 5% родия или же платина с 40% родия и платина с 20% родия. Как немецкие, так и английские термопары рассчитаны на измерение температур до 1800°С. Институт металлургии АН СССР сконструировал термопару широкого диапазона температур. Один электрод ее изготовлен из родия, а другой — из платины с 20% родия. Ошибка в показаниях такой термопары, работающей при температуре порядка 1550°С в течение 1000 ч, не превышает 0,8%. Она может работать и при 1800°С, но время ее эксплуатации в этом случае ограничивается 100 ч; ошибка же показаний при соблюдении этого правила не превышает 0,6%. Как видно из этого краткого, далеко не полного перечня, платиновым металлам принадлежит важнейшая роль в теплотехническом контроле. Металлы эти дороги, но стоимость их ничтожна по сравнению с производственными затратами, а помощь в правильном ведении технологического процесса, снижении брака и повышении качества продукции — неоценима.

Для измерения температур порядка 2000—2300°С сконструирована термопара с электродами из иридия и сплава его с рутением (10%) или иридия и иридийродиевого сплава (последнего 60%). В технике они пока не нашли широкого применения из-за высокой стоимости и малой прочности. Обработка таких сплавов довольно затруднительна. Однако ими пользуются в научных экспериментах.

Приборов теплотехнического контроля существует много; термопара — только частный случай их. Платиновые металлы в большинстве случаев в таких приборах выполняют наиболее ответственную роль. Совсем недавно в Институте металлургии АН СССР получили сплав

из палладия с вольфрамом. Применение его увеличило срок службы приборов теплотехнического контроля в 20 раз!

Металлы платиновой группы участвуют и в создании ферромагнитных сплавов, которые современной техникой и автоматикой используются очень широко. Давно было установлено, что ферромагнитными свойствами обладает сплав иридия с 10% хрома. В Великобритании был получен подобный сплав из платины и кобальта, отличающийся высокой намагничиваемостью, стойкостью в агрессивных средах и хорошей пластичностью. Из этого сплава можно получить нить такой толщины, что она годится для обмотки электромоторчика в миниатюрных часах.

Роль платиновых металлов в электротехнике непрерывно растет. Если до первой мировой войны в эту отрасль производства требовалось 20% всей продукции (а в химическую 5%), то во время второй мировой войны  $\frac{2}{3}$  всей платины пошло на электротехнику и химические заводы. В 1952 г. на нужды электротехники в США потребовалось 35,4% платины, 54,5% палладия и 16,4% остальных платиновых металлов. Фундаментальные научные исследования советских и зарубежных ученых все время находят замену им в тех или иных узлах в виде сплавов из других металлов. Однако бурное развитие техники и рождение новых областей (космонавтика и др.) повышают объемы потребления платины и ее спутников. Например, топливные элементы, превращающие химическую энергию непосредственно в электрическую, используемые в космических исследованиях, изготавливаются с помощью платины. Материалом для электродов, переключателей контактов при этом служит палладий. Для работы в агрессивных средах используется сплав кальция с платиной (последней 76,7%), обладающий свойствами постоянного магнита. В производстве реактивных двигателей и турбин используется платиновольфрамовый сплав, работающий в кислородной среде при температуре 600°С.

## ДРУГИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Из того, что в большинстве случаев в природе платиновые металлы встречаются совместно, а также что и в технике их нередко взаимозаменяют, отнюдь не следует,

что они очень мало друг от друга отличаются. Наоборот, несмотря на сходство во многих свойствах, каждый из них имеет свои отличительные качества. Платина и палладий, как уже упоминалось, легко поддаются обработке — они мягки и пластичны. Родий и иридий обрабатываются с трудом, да и то при высокой температуре. Рутений и осмий даже в нагретом состоянии пластической деформации не поддаются. Следует, конечно, иметь в виду, что незначительные примеси могут сильно влиять на обрабатываемость платиновых металлов. Пластичная платина, если в ней содержится всего 0,001% фосфора, становится горячеломкой. Крайне отрицательно влияют на обрабатываемость этого металла и примеси серы.

При изготовлении из платины каких-либо деталей отдельные их части приходится соединять друг с другом. Иногда это осуществляется сваркой, но в большинстве случаев пайкой, для чего используется припой из 40% золота и 60% платины или же из чистого золота. В отдельных случаях металлы платиновой группы входят в состав припоев, предназначенных для соединения металлических частей. Для пайки тонкостенных никелевых труб, например, в США используют сплав из серебра, марганца и палладия, доля которого 20%.

Все платиновые металлы с трудом переводятся в раствор. Зато после этого они могут образовывать множество самых различных, преимущественно комплексных, химических соединений. Многие из них используются в практике. Помимо того, что уже сказано о платиносинеродистом барии, идущем на изготовление экранов рентгеноаппаратов, можно упомянуть об общеизвестном реагенте для определения калия — хлорной платине. Эта же соль, как мы видели, является исходным сырьем для приготовления платинированного асбеста. С помощью хлороплатината калия фотографы печатали снимки, окрашенные в красивый бархатистый коричневый тон.

Из комплексных солей платины и ее спутников готовят электролиты гальванических ванн. Достоинством платиновых покрытий является особая химическая стойкость. Платинируют измерительные приборы химической и электротехнической аппаратуры, некоторые хирургические инструменты, иногда — ювелирные изделия.

Палладирование — самое дешевое из гальванических покрытий платиновыми металлами. В настоящее время



его широко применяют в технике. Оно отличается большой прочностью и отсутствием пор и благодаря этому по коррозионной стойкости не уступает золотому покрытию. В современных лабораториях редко можно увидеть золоченые аналитические весы, разновесы, спиртометры и др.; золото в качестве покрытия для этого инвентаря замеснено палладием. Это и дешевле и надежнее. Широко используют палладий для покрытия лимбов и металлических шкал с тонкими делениями точных инструментов, в астрономических приборах, в военной технике. Палладиевые покрытия прекрасно противостоят воздействию влажного воздуха, что особенно важно в полевых условиях. Слой палладия достаточно прочен, так как в процессе гальванического осаждения он образует с металлом детали сплав (если только деталь не серебряная). Покрывая деталь палладием можно обойтись без полировки.

Родирование ценно особой светоотражающей способностью нанесенного слоя. Эта способность на 25% выше, чем у палладиевого слоя, и потому при изготовлении зеркальных поверхностей палладий по отношению к родию может быть только неполноценной заменой. Родиевые покрытия превосходят палладиевые также и по твердости и химической стойкости. Они широко применяются при изготовлении рефлекторов. Почему же не из серебра? В отражающей способности родиевое покрытие уступает серебряному (соответственно 75—80 и 95—97%), однако последнее чернеет от действия различных газов, прежде всего от сероводорода, тогда как родиевый слой к этому совершенно безразличен. Весьма распространено двойное покрытие: первый более толстый слой — серебро и второй — тонкая пленка — родий. В какой-то степени в качестве антикоррозийного покрытия стали применять и рутений и иридий, но о широком внедрении их в практику пока говорить рано.

Все металлы платиновой группы устойчивы к действию плавиковой кислоты. Реторты для ее перегонки предпочитают изготавливать из палладия, так как он пластичен и дешевле других платиновых металлов.

В аналитических и физико-химических исследованиях часто требуется водородный электрод, являющийся эталоном сравнения электрических потенциалов. Приготавливают его очень просто. Платиновую пластинку покрывают мелкоизмельченной платиной, так называемой

«платиновой чернью», после чего пропускают через нее водород. Водород адсорбируется на поверхности «черни», и такая пластинка, опущенная в раствор, будет отдавать ионы водорода, т. е. вести себя как электрод из водорода. Поглотительная способность палладия по отношению к водороду несравненно выше, чем у платины. Один кубический сантиметр палладия поглощает 940 кубических сантиметров водорода! Собрат его, рутений, еще замечательней в этом смысле: один объем его поглощает 1500 объемов водорода. При таком сосредоточении водорода ясно, что он не только адсорбируется на поверхности, но и диффундирует — проникает в толщу металла.

В производстве атомной энергии оба эти элемента сказали свое слово. В топке печи постепенно накапливаются зола и шлак, которые затрудняют горение. Аналогичное происходит в атомном реакторе. При «сжигании» в нем урана образуется новое ядерное горючее — плутоний, но одновременно и образуется «зола». Это осколки деления, среди которых находятся и изотопы рутения. Эта «зола» может оборвать цепную реакцию. На специальных установках отделяют уран от осколочных элементов. Отделение рутения пока что доставляет много хлопот. Что касается палладия, то его атомные энергетики приветствуют, так как из него изготавливаются сосуды для разделения изотопов водорода: последние не с одинаковой скоростью диффундируют через палладий.

Некоторые соли палладия используются для обнаружения и количественного определения ядовитого угарного газа. Бумажка, смоченная раствором такой соли, при содержании в воздухе 9 мг/л окиси углерода чернеет мгновенно, а при концентрации в 100 раз меньшей — через 20 мин. При апробировании загрязненности атмосферы угарным газом воздух прогоняют со скоростью 0,5—1 л/мин через индикаторные трубочки, в которых палладиевый реактив нанесен на силикагель. По времени появления окраски судят о количественном содержании ядовитого газа.

В качестве красителей соли платиновых металлов в некоторой степени использует не только медицина, но и керамическое производство. Аммонийные соли рутения известны как краска по фарфору — «рутениевый пурпур». «Родневая чернь» также служит красителем (черного цвета) по керамике. С ее же помощью придают

различные оттенки «жидкому золоту», увеличивая при этом прочность слоя последнего. Окисью палладия исполняется роспись на эмали. Окись иридия и окись осмия — сочные черные красители для живописи по фарфору. К этому можно добавить, что соли осмия используются также как сильные травители при исследовании минералов, а окиси иридия в не столь далекие времена американская промышленность нашла применение в ... зубной пасте. Конечно, «иридиевая паста» оказывает отбеливающее действие на эмаль зубов, но значение ее больше рекламное, так как и без дорогого металла можно найти массу компонентов, вполне успешно справляющихся с этой задачей.

В природе иридий, как правило, находится в виде природного сплава с осмием. Осмистый иридий сразу нашел себе применение, значение которого не утрачено до нашего времени. Ввиду исключительной твердости, коррозионной стойкости, неистираемости и отсутствия магнитных свойств — это незаменимый материал для остриев компасной стрелки. Применяют его и для изготовления осей и пяток вращающихся частей измерительных приборов особой точности, для остриев хирургических инструментов и резцов по слоновой кости, для кончиков золотых «вечных перьев». Во всех этих случаях применяют и искусственный сплав, в который входят 83% иридия, 2% рутения и 3% платины. Сплав иридия с фосфором становится жидким при температуре белого каления. Используя это, из него готовят призмы точных аналитических весов, кончики золотых хирургических игл для зашивания ран, острия ювелирных сверл и прочее вплоть до перьев авторучек.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производство благородных металлов растет, открываются и осваиваются все новые и новые районы их добычи, но металлы эти остаются дефицитными, так как неуклонно расширяются области их применения.

Выше говорилось о вытеснении благородных металлов из сферы монетного обращения. Это позволило большие их количества направить на нужды промышленности. Постоянной заботой является изыскание возможностей замены их во многих отраслях промышленности

и быта другими, менее ценными. Задача нелегкая, так как при этом неизменным условием является обеспечение того же качества или действия, которое получено от благородного металла. Одним из таких общеизвестных примеров является замена платины пятиокисью ванадия в сернокислотной промышленности. Если принять во внимание, что в США одна треть всего получаемого серебра расходуется кинофотопромышленностью, то можно судить, какое значение имеет тот факт, что фирма «Истмен Кодак» приступила к выпуску новых кинофотоматериалов, в которых серебро не используется. Аналогичные исследования проводятся и в Советском Союзе. Как у нас, так и за рубежом разработаны новые светочувствительные материалы без серебра. Они, правда, не получили еще широкого распространения и используются больше при проведении научных исследований, но свою задачу выполняют там даже лучше, чем соли серебра.

Много внимания уделяется во всех странах возврату драгоценного металла в цикл производства после того, как он выполнил свое назначение. Различные детали, проводки, изделия и т. д. рано или поздно снашиваются. Если они содержат в себе драгоценный металл, то подлежат сдаче и выплавке из них золота, серебра или платиновых металлов. Золоченые и серебряные предметы подвергаются обработке, при которой драгоценные металлы в виде солей переводятся в раствор, после чего извлекаются. Но в промышленности накапливается и много отходов благородных металлов. Это отработанные растворы электролитических ванн, остатки после проведения химических анализов, использованная фото- и киноплёнка, реагенты, служившие для их обработки, и т. д. На первый взгляд, это бросовый материал, но его остаются большие количества. Специальные заводы получают такие отходы с мест, извлекают из них драгоценный металл и направляют его в промышленность, оплачивая при этом стоимость полученного тем производством, которые такие отходы поставили. Только отработанная технология на таких заводах дает возможность провести извлечение с достаточной полнотой.

Благородные металлы надежно служат технике XX века.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антропов П. Богатство недр нашей родины. Госполитиздат, 1965.
- Асташенков П. Т. Атомная промышленность. Атомиздат, 1965.
- Бадер О. Н., Смирнов А. П. Серебро Закамья первых веков нашей эры. Госкультпросветиздат, 1954.
- Башилов И. Я. Редкие элементы и их использование, М., Изд-во АН СССР, 1930.
- Баян О. Разведчик недр. Детгиз, 1959.
- Бердников М. И. Извлечение золота и серебра из отходов в промышленности драгоценных металлов. ГОНТИ НКТП, 1938.
- Берлинг Н. И. Цветные металлы, их настоящее и прошлое. Гостехиздат, 1930.
- Бетехтин Л. Г. Платина, Изд-во АН СССР, 1935.
- Блох М. А. Краткие очерки по истории химических открытий. Гос. научн. тех. изд-во Украины, Харьков, 1933.
- Богданович К. И. Серебро, свинец и цинк. Сб. «Естественные производственные силы России», т. IV, Полезные ископаемые, Петроград, 1919.
- Борисов С. М. Золото в экономике современного капитализма. Изд-во «Финансы», 1968.
- Бойцов А. В., Бойцова Г. Ф., Авдонина Н. Д. Благородные металлы. Metallurgizdat, 1946.
- Брукер Х. Р., Битсон Е. В. Лайка в промышленности. Оборонгиз, 1957.
- Быховер Н. А. Минеральные ресурсы капиталистических стран. Госпланиздат, 1960.
- Вальден П. И. Из истории химических открытий. Научн. хим. тех. изд-во, 1925.
- Ванеев Н. Н. Золото. Metallurgizdat, 1941.
- Варгин В. В. Цветные стекла, их изготовление и свойства. ОНТИ. Госхимиздат, 1934.
- Васильев М. Металлы и человек. Изд-во «Советская Россия», 1964.
- Гейман Л. М., Сальцовский М. С. В долинах золотого песка. Изд-во АН СССР, 1963.
- Герценштейн И. М., Нежинская Л. А. Комплексное использование полиметаллического сырья. Metallurgizdat, 1961.
- Гольдман И. Атом — врач. Изд-во «Знание», 1961.
- Гродзенский Д. Э. Атомная энергия в медицине, Медгиз, 1956.
- Давыдовский В. В. Русское золото. Metallurgizdat, 1959.
- Дауваляте Л. Н. Хрустальные цветные и опаловые стекла. Гизлегпром, 1957.
- Дженкинс Г., Хартунг У. Химия органических лекарственных препаратов. ИЛ, 1949.
- Лжуа М. История химии. Изд-во «Мир», 1966.
- Дюгенов Г. Г. История открытия химических элементов. Учпедгиз, 1960.
- Заякин П. С. Пробирное искусство. Цветметиздат, 1933.
- Заякин С. В. Извлечение серебра из отходов. Metallurgizdat, 1940.

- Звягинцев О. Е. Советская платина. ГОНТИ, 1931.
- Качалов Н. Н. Стекло. Изд-во АН СССР, 1959.
- Лакедемонский А. В., Хрящи В. Е. Паяние и припай. Металлургиздат, 1958.
- Лукас А. Материалы и производства древнего Египта, ИЛ, 1958.
- Лукашев К. И. Редкие металлы и их использование. Изд-во АН СССР, 1956.
- Мейер Э. История химии с древнейших времен до наших дней. Спб., 1899.
- Меншуткин В. Н. Химия и пути ее развития. Изд-во АН СССР, 1937.
- Михалевский Ф. И. Золото в период мировых войн. Госполитиздат, 1945.
- Очерки по истории химии. Изд-во АН СССР, 1963.
- Плаксин И. Н. Опробование и пробирный анализ. Металлургиздат, 1947.
- Плаксин И. Н. Металлургия благородных металлов. Металлургиздат, 1958.
- Полькин С. И., Гнатовский С. О. Цветная металлургия Западной Европы. Металлургиздат, 1947.
- Рудницкий А. А. Платиноиды (палладий, родий, иридий, рутений и осмий). Изд-во АН СССР, 1959.
- Савицкий Е. М., Полякова В. П., Тылкина М. А. Силаны палладия. Изд-во «Наука», 1967.
- Сенковские А. и С. Шеренга великих химиков. Изд-во «Наша ксенгария», 1966.
- Серебряков Н. Г., Грачева М. А. Радиоактивные изотопы золота. Атомиздат, 1960.
- Федоров Е. Находка Ерофея Маркова. Детгиз, 1945.
- Фигье Л. Алхимия в XIX веке, Спб., 1867.
- Фирсов Л. А. Рассказы о золоте. Магаданское издательство, 1957.
- Фролов В. А., Юдкевич Р. В. Металлы будущего. Изд-во «Советская Россия», 1960.
- Франк-Каменецкий Д. А. Пирометаллургия в золотом деле. ОГИЗ, 1933.
- Чижиков Д. М. Металлургия тяжелых цветных металлов. Изд-во АН СССР, 1948.

**Борис Игнатьевич Казаков**

## **БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ СЛУЖАТ ЧЕЛОВЕКУ**

Научный редактор *Л. М. Гейман*

Редактор *Н. В. Гудима*

Художественный редактор *Д. В. Орлов*

Технический редактор *Э. А. Кулакова*

Корректоры *В. Б. Левин, Р. К. Гаврилина*

Художник *Е. Н. Волков*

---

Сдано в набор 9/X 1972 г. Подписано в печать 8/V 1973 г. Т-06060  
Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 1. Усл. печ. л. 8,82.  
Уч.-изд. л. 9,0. Тираж 24 000 экз. Заказ 69%. Изд. № 5261. Цена 31 коп.

---

Издательство «Металлургия», 119034, Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., 14

Владимирская типография Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательства, полиграфии и книжной торговли  
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

31 коп.

14  
4016  
a



«МЕТАЛЛУРГИЯ»