

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

6/1973

СЕРИЯ
НАУКА О ЗЕМЛЕ

В.И.Соболевский
А.Д. Генкин

БЛАГОРОДНЫЕ
МЕТАЛЛЫ
ПЛАТИНА

В. И. Соболевский,
кандидат геолого-минералогических наук

А. Д. Генкин,
кандидат геолого-минералогических наук

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ПЛАТИНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва 1973

**Соболевский Виталий Ипполитович и
Генкин Александр Дмитриевич**

С 54 Благородные металлы (платина). М.,
«Знание», 1973.

(Новое в жизни, науке, технике. Серия «Наука о
Земле», 6).

В брошюре в популярной форме рассказывается о месторождениях платиновых металлов и их размещении, о свойствах платины, о важнейших областях применения этого драгоценного металла в народном хозяйстве нашей страны.

Авторы кандидаты геолого-минералогических наук В. И. Соболевский и А. Д. Генкин приводят много интересных фактов, связанных с разработкой платиновых месторождений в России, мало знакомых широкому кругу наших читателей.

Почему платину называют платиной? Впервые люди встретились с платиной тысячелетия назад. Как ее тогда именовали — нам неизвестно. Но уже в те времена ее использовали для изготовления различных изделий. К началу нашей эры она была забыта, и вновь человечество ее обретает лишь в середине XVIII в. через испанских «искателей счастья», промывавших золото в реках Колумбии. Нельзя сказать, что испанские «искатели счастья» были очень обрадованы находке, так как красивый металл, обнаруженный при поисках золота, обработке и плавлению не поддавался, а добить его стоило немалых трудов. Поэтому новому металлу и было дано презрительно-злобное наименование — *platina* (производное от испанского слова *plata* — серебро) и это, по существу, нелепое наименование — «серебришко» — сохранилось в веках во всем мире и по сей день. Иногда люди, не зная, в каких условиях и по какой причине появился термин «серебришко», видели в нем лишь уменьшительное от *plata* и даже ласкательное (!! «серебрецо»!

Где и когда была открыта платина? На этот вопрос ответить трудно.

Изучая теперь многочисленные старинные описания находок серебристых таинственных металлов, можно с полной уверенностью отнести некоторые из них к платине или же к платиноидам.

Древнейшее изделие, для изготовления которого платина была использована, видимо, не случайно, было

¹ Разделы «Платиновые металлы в земной коре и в космосе», «Минералы платины и платиноидов», «Месторождения платиновых металлов и их размещение» написаны А. Д. Генкиным.

обнаружено в Древнем Египте. Это была узкая полоска серебристого металла, врезанная в металлический футляр, изготовленный в более позднее время. Знаменитый химик Бертелло определил это изделие как сложный сплав металлов платиновой группы с золотом. Известный египтолог Флиндерс Петри обнаружил включения белого металла, по-видимому, платины, в оставшемся незаконченным бронзовом основании статуэтки фараона Аменардаса (XXV династия около 700 лет до н. э.). На некоторых золотых предметах той же эпохи были обнаружены «очень твердые белые пятна», похожие на осмистый иридий. Недавно в Каирском музее обнаружили еще более древние золотые предметы — эпохи XII династии, покрытые многочисленными серебристо-белыми пятнами, определенными как платина. Масперо, один из организаторов этого знаменитого музея, утверждает, что некоторые золотые изделия эпохи XVIII династии содержат платину.

Каково же происхождение этой платины? На территории Египта платина не обнаружена; вероятно, ее импортировали из Эфиопии, где платину спорадически добывают из россыпей и в настоящее время. Но мы так и не знаем, что же вынуждало древних египтян обращаться иногда к столь «трудному» металлу, когда они имели в своем распоряжении серебро, с которым гораздо меньше хлопот.

В другом древнейшем культурном центре, в междуречье рек Тигра и Евфрата, платину не знали. Зато в V томе 37-томного труда выдающегося римского ученого Кай Плиния Старшего имеются прямые указания на платину. Он описывает белый ковкий металл из Иберии (Испании) — *Plumbum candidum*, который «в брусках имел вес золота». Этот «белый свинец» был обнаружен на приисках Астурии (Испания) и Лузитании (Португалия). И в настоящее время в русле реки Силь (Испания), где некогда работали римляне, платина не является редкостью. Платину знали и древние греки.

Недавние открытия археологов переносят нас на противоположную сторону земного шара — в северную часть современного Эквадора. Здесь, на побережье Эсмеральдас, на территории бывшего государства инков

были обнаружены замечательные художественные изделия из своеобразного золото-платинового сплава, иногда с примесью серебра. Обилие материала в виде «сырья», готовых и незаконченных изделий позволило археологам в деталях установить весь технологический процесс. Инки перемешивали зернышки платины с пылевидным золотом, насыпали эту смесь маленькими порциями на кусок древесного угля и нагревали с применением паяльной трубки. Золото плавилось, окружало зернышки платины и сплавлялось в сплошную массу, которая проковывалась и снова нагревалась; в конце концов возникал практически однородный сплав, по виду не отличимый от первоначальной платины, но поддающийся ковке, чеканке и т. д. Из него делали небольшие сосуды, иглы, кольца, браслеты и различные бытовые мелкие предметы. Поразительно, что все эти операции остались не известными испанцам! Точно датировать эти доколумбовы изделия не удалось.

Были сообщения о платине и в средние века. Так, о «светлом», не плавящемся металле писал Ю. Скалигер (1537 г.), а испанский ученый Альваро Барба описывает «камень», похожий на наждак (1640 г.), под индейским названием «чумпи», который встречается в реках Колумбии совместно с золотом.

И только физик Хуан Антонио де-Уллоа привез небольшое количество этого «чумпи», полученного им от старателей с реки Пинто, Колумбия. Он именует его (1748 г.) уже местным термином «платина», указывая, что она является чрезвычайно нежелательной примесью к намываемому золоту.

Интересные сведения сообщил о платине доктор Вуд, живший на острове Ямайка (1749—1750 гг.), куда платина поступала через г. Картахена (Колумбия) из Чако. Изделия из нее (рукоятки мечей, кинжалов, табакерки и т. п.) еще до привоза платины в Европу отнюдь не являлись редкостью. Вуд переслал образцы этих изделий доктору Уотсону в Лондон, который напечатал результаты своих исследований в трудах Королевского Общества (Академии наук) в 1749—1750 гг. С этой поры платина уже не выходила из сферы интересов ученых и техников. Приоритет же открывателя был признан за доктором Вудом.

Что касается «чумпи» индейцев, то было решено,

что этот «испанский наждак», как его еще именовали, является либо платиной, либо ее «материнской субстанцией».

Добычу и вывоз этого минерала Испания запретила, так как старатели сплавляли его со сдаваемым золотом. Платину же, намытую совместно с золотом, чиновники монетных дворов Новой Испании должны были отбирать и топить в реке Богота. За десятилетия ее потопили — тонны. А сколько же потопили ее сами старатели? Ведь онисыпали платину обратно в выработки, убежденные, что «недозревший» металл, безусловно, превратится в золото...

Интересно отметить, что когда в 1778 г. это запрещение было снято, и платина начала поступать в Испанию, то ей сразу же нашлось применение: король испанский приказал добавлять ее к золоту луидоров, которые чеканились при испанском дворе...

Платина в России. Платину в России на рубеже XVIII—XIX вв. не знали. Особых перспектив на ее открытие тоже не было. Крупнейший минералог, академик В. М. Севергин в 1814 г. писал: «Нет платины в России...». Н. Р. Мамышев, назначенный в 1819 г. начальником Гороблагодатских заводов, отнюдь не разделяя общего мнения уральских горняков, что на восточном склоне Урала нет золота — о платине и речи не было, — немедленно же снарядил несколько разведочных партий. Он оказался прав: в 1821 г. были открыты богатые золотоносные россыпи, а в 1822 г. на Невьянских и Билимбаевских, также очень богатых приисках, в отмытом золоте оказалось уже немало серебристых блесток...

«В августе 1822 г., — пишет Н. Мамышев, — во время промывки уральских золотоносных песков заметили примешанный к песочному золоту особый металл в виде таких же зерен, но только белого, блестящего цвета. Порошок был очень неоднородный, зерна имели окраску различных оттенков, почему сибирские горные офицеры¹ не признали его платиной и назвали «белым металлом». Исследование его было поручено аптекарю Гельму и практиканту Варвинскому. Последний нашел, что это смесь двух различных металлов и третье-

¹ Горные офицеры — горные инженеры (B. C.).

го, «образующего середину между ними». Окончательное же заключение Варвинский дать не решился.

Так бывает! Искали, искали годы (было и специальное царское повеление: добыть платину!), а как нашли — в свое счастье не поверили...

На следующий год найденный металл изучал выдающийся горный инженер, химик В. В. Любарский, который сообщил, что загадочный сибирский «металл является «сырой» платиной, содержащей в себе знатное количество иридия с осмием».

Наконец, первая богатейшая платиновая россыпь с небольшим количеством золота была обнаружена в августе 1824 г. поисковой партией при непосредственном участии того же неутомимого Мамышева. И где! Рядом с заводом, на реке Орулихе! Эта россыпь и была названа Царево-Александровской.

Вскоре горный инженер К. П. Голяховский, систематически изучая все лога и ложки, открыл целый ряд богатейших россыпей у деревни Мостовой и по рекам Мельничной, Ису (10 приисков) и другим. Уже через два года прииски дали около 400 кг платины.

Находки таких богатейших месторождений вызвали бурную реакцию. Поиски были продолжены и в соседнем Нижне-Тагильском округе в июле 1825 г. увенчались крупной удачей: по реке Сухо-Висиму было открыто богатейшее месторождение, давшее уже к концу года свыше 57 кг платины.

О том, когда была открыта платина в Сибири, сведений ни в литературе, ни в фондовых материалах рудников и приисков пока найти не удалось.

Однако есть предположение, что и в Сибири ее уже знали и своеобразно использовали задолго до «официального» открытия ее на Урале Мамышевым.

В 1913 г. проходя студенческую практику на приисках в бассейнах рек Кондомы, Мрассы, Лебедя, автор видел у охотников серебристые, очень твердые дробинки, применявшиеся для охоты на мелкую дичь: это, несомненно, была платина (или платиноиды).

Охотники либо где-то специально намывали платину, или же выменивали ее у старателей-золотарей. «Такой дробью били еще наши деды и прадеды», — рассказывали старатели (свинцовую же из галенита, они делали прекрасно). Слова же «платина» никто из них

не слыхал. Дочка одного старателя показала автору золотые шарики, которые делали у них в семье: это оказалась золоченая платина. Золотили платину в старину также и на Невьянских и Нижне-Салдинских приисках на Урале, выдавая за крупные золотинки. К этому прибегали даже в более поздние времена, особенно в годы, когда государство платину не принимало.

«Не должно забыть и того, кто первый доказал ее пользу к употреблению, а сие неотъемлемо принадлежит А. Архипову¹, — пишет Мамышев. Архипов рьяно взялся за поручение Мамышева: доказать ценность уральской платины, что было не так-то просто — ведь выдающиеся химики Европы в течение десятилетий бились с этой же целью над колумбийским металлом! Однако Архипов оказался гораздо способнее своих знаменитых предшественников и в скором времени, работая в лаборатории Кушвинского завода, изгото- вил шестеренку, кольцо, чайную ложечку, колечки и другие мелкие поделки. Некоторые из этих предметов хранятся в музее Ленинградского горного института, а очень изящная вазочка 17,5 см высотой хранится в Особой кладовой в Эрмитаже. Она была изготовлена из самого первого «намыва» и послана в Петербург. Архипов очищал платину, сплавляя ее с мышьяком, все примеси при этом уходили в шлак. Сплав отжигали, мышьяк улетучивался и металл проковывался. Эти опыты открывали новому металлу пути для самого широкого использования. Доказав прочность платины, Архипов пошел еще дальше, он предложил изготавливать из нее толстую полуду, ружейные стволы, а также монеты...

Итак, долгожданная платина была, наконец, найдена и освоена, прииски оказались чрезвычайно богатыми, и Россия стала важнейшим поставщиком платины. Россыпи были настолько богаты, что, по выражению Мамышева, эти баснословные богатства можно было брать чуть ли не с поверхности.

Уже в 1828 г. на Урале ее добыли почти 1600 кг, тогда как в Бразилии, Гаити и в Колумбии, суммарно, намыли менее четверти этого количества. Поэтому царское правительство поставило вопрос и об аффинаже

¹ А. Архипов в то время заведовал лабораторией Кушвинского завода, инженер.

сырой платины — ее очистке, определению ее к «делу».

Россия, столько лет мечтавшая о своей, «домашней» платине, обнаружив, наконец, богатые месторождения, оказалась совершенно неподготовленной ни в отношении ее технологической обработки, ни практического использования. Ее почти не брали даже ювелиры (1—2 кг в год) и лаборатории, а промышленность в ней не нуждалась...

Несмотря на трудности получения южноамериканской платины, к середине первой четверти XIX в. уже неплохо знали ее свойства, умели платину очищать и обрабатывать. В России же платиной занимались мало, свойства и технологию не изучали. И только А. А. Мусин-Пушкин (1760—1805 гг.) — почетный академик, химик, горный инженер, государственный деятель — посвятил платине свыше 20 печатных трудов. После открытия платины его работы получили особое значение.

В 1827 г. опыты по аффинажу уральской платины были поручены Соединенной лаборатории Департамента горных и соляных дел и Горного корпуса¹ и в конце концов сконцентрированы на С.-Петербургском Монетном дворе. Руководили работами член-корреспондент Российской Академии наук П. Г. Соболевский и химик В. В. Любарский. Они разработали новый метод очистки платины, растворяя ее в «царской водке», а затем осаждая нашатырем. Прокаливая «нашатырную платину», получали губчатую. Последнюю при низкой температуре прокаливали и снова прессовали. Полученную платину можно было легко обрабатывать. Это были первые опыты по хорошо известной и распространенной в настоящее время порошковой металлургии. Расплавить же платину не могли: таких печей еще не существовало!... Многочисленные изделия лаборатории были продемонстрированы в марте 1827 г. на торжественном заседании ученого Комитета по горной и соляной части, на котором П. Г. Соболевский сделал сообщение об изобретении нового метода обработки платины. Этот день считается началом промышленного использования платины в России.

Но откуда же попадала платина в руки ученых в

¹ Ныне Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. Г. В. Плеханова.

Европе? Когда испанское правительство сняло запреты, платину начали тщательно изучать в Лондоне, Берлине, Вене и уже к 1808 г. в этих городах умели делать даже большие котлы и реторты для плавки платины в заводских условиях. Знаменитый английский минералог и химик, президент Королевского Общества Уильям Волластон, по-видимому, был первым, кто начал изготавливать в широком масштабе платиновую посуду и даже тяжелые многокилограммовые реторты для заводов. Он работал в полном одиночестве и его лаборатория была наглухо заперта даже для ближайших друзей. В течение 25 лет он держал свои методы полностью засекреченными и только, узнав, что опыты П. Г. Соболевского, предпринятые на Петербургском Монетном дворе, аналогичны, в 1828 г. опубликовал все результаты своих многолетних работ.

Об изучении русской платины мечтали крупные ученыe Запада, но торговля ею составляла монополию государства Российского и купить ее было невозможно. Узнав об этом желании, один из наиболее передовых людей той эпохи, министр финансов Е. Ф. Канкрин распорядился выслать «русскую» платину крупнейшим ученым с просьбой сообщить о результатах своих исследований. Так, Королевскому Обществу в Лондоне был послан 1 фунт, Волластону — $\frac{1}{2}$ фунта, шведскому химику Берцелиусу — $\frac{1}{2}$ фунта, профессору Озанну в Дерпте (Тарту) — 4 фунта и т. д. В результате такого щедрого дара было напечатано много ценных работ.

Русские ученые-химики также много внимания уделяют этому драгоценному металлу. За 11 месяцев: с мая 1828 г. по апрель 1829 г. Соболевский и Любарский из сырья получили свыше 800 кг чистой платины и изготовили большое число различных изделий. Однако сбыт платины внутри страны был все же недостаточен. И вновь возник вопрос о выпуске платиновой монеты — платинника. Но требовалось по этому вопросу узнать мнение компетентных лиц как в России, так и за границей.

Е. Ф. Канкрин написал Гумбольдту, ученому с мировым именем, который путешествовал по Южной Америке и посещал платиновые прииски Колумбии. Но ответа Гумбольдта Канкрин так и не стал дожидаться и приказал Монетному двору немедленно же предста-

вить пробные чеканки, а сам приступил к изучению многочисленных сложных вопросов, связанных с выпуском новой монеты.

Трудностей же было немало! Главная трудность — разница цен на русскую и заграничную платину (последняя была дешевле), затем — значительное колебание цены на платину в Европе в зависимости от количества завезенной из Колумбии, где цены также резко колебались. Возникал вопрос — какой ценности должны быть монеты, их вес, размеры и т. д.

Очень быстро образцы были готовы, и Е. Ф. Канкрин представил правительству три платиновые монеты с надписью: «один рубль серебром», «полтинник» и «четвертак». Пробные отиски были действительно красивы¹, и правительство утвердило рисунок будущих платинников. Это было 19 августа 1827 г.

А через 3 месяца был получен отрицательный ответ от Гумбольдта. Гумбольдт указал прежде всего на чрезвычайную неустойчивость цен на платину, на трудность хранения такой тяжелой монеты в сейфах и т. д. Все же 24 апреля 1828 г. был обнародован «Именной указ о чеканке умеренного количества платиновой монеты» с разрешением принимать ее в платежах по добровольному согласию, вывозить за границу и переделывать ее в изделия».

Новая монета достоинством в 3 рубля была размечена с серебряный четвертак (25 коп.) при цене в пять раз выше чистого серебра. На другой же день Е. Ф. Канкрин написал Гумбольдту письмо, поблагодарил его за советы и приложил одну монету: «поставляю себе за особое удовольствие препроводить Вам один из этих белых червонцев»².

Работа на Монетном дворе шла медленно; в неделю можно было очищать не более трех пудов сырой платины.

Население охотно брало «полновесные» монеты. Ободренный успехом Канкрин через год снова пред-

¹ Эти уникальные монеты сейчас хранятся в Эрмитаже. Год на них: 1827 г. — реальный!

² Эта монета соответствовала примерно одному червонцу асигнациями. После смерти Гумбольдта эта монета трехрублевого достоинства была приобретена Эрмитажем, где и хранится по сей день.

ставил правительству доклад о чеканке платинников уже удвоенного достоинства и 30 сентября 1829 г. последовал соответствующий указ. Тип монет остался прежним; надписи гласили: «6 рублей на серебро» и «4 зол.¹ 82 доли чистой уральской платины», т. е. платинники должны при расчетах расцениваться как серебряные деньги, а не ассигнации (бумажные).

На следующий год история повторилась, и Канкрин добился нового указа о чеканке монеты уже двенадцати рублевого достоинства. Монета была того же типа и содержала 9 зол. 68 долей чистой платины.

Резкие колебания цен на платину за границей, сокращение добычи ее на Урале и ряд других причин, в частности, данные таможен, что вывоз платиновой монеты с 1840 по 1844 г. превысил ввоз ее на 118 тыс. руб., но главное — паническая мысль о ввозе в Россию платиновой монеты иностранной чеканки — пугала нового министра финансов Ф. Вронченко настолько, что он добился царского указа (22 июня 1845 г.) о прекращении ее выпуска.

Итак, за 18 лет, с 1828 по 1845 г. было выпущено трехрублевых платинников на 4 121 073 руб., шести рублевиков — на 89 082 руб. и двенадцати рублевиков — на 41 688 руб.; а всего на 4 251 843 руб. В результате указа от 22 июня 1845 г. казначейства возвратили монеты на 3 263 292 руб., т. е. примерно 75%, остальные же остались у населения, может быть, были обращены в изделия или вывезены за границу.

Как же в те времена оценивала русская общественность государственную монополию на платину и монетную регалию? Предсказания мудрого Гумбольдта сбылись скоро. Финансовые деятели второй половины XIX в. считали, что с чисто финансовой точки зрения монетная регалия была, безусловно, неудачной, так как усложнила и без того запутанную денежную систему. Грубой ошибкой министра финансов Вронченко было срочное изъятие громадного количества платиновой монеты, находящейся в обращении. В результате резкое падение цен на платину, добыча ее сразу упала, мелкие прииски были закрыты, и платинопромышленники начали искать сбыт металла за границей.

¹ 4 зол. (сокр.) — 4 золотника.

С другой же стороны, эти монеты были «неистребимы», не гибли при пожарах, подделка была невозможна. Канкрин, чтобы поддержать зарождавшуюся промышленность, перспективность которой была для него очевидная, приобретал платину в казну и, применив для чеканки монеты, поставил ее наравне с другими драгоценными металлами. В результате его стараний на Монетном дворе накопилось свыше 16,5 тыс. кг очищенной платины — ценнейший государственный фонд! «Такой господствующей роли, какую в мировом хозяйстве по добывче платины играет Россия, нет ни у одного государства относительно какого-нибудь другого металла, так как у нас до мировой войны (первой. — В. С.) получалось 92—95% всего того количества платины, которое добывалось ежегодно во всем мире». Вот оценка, данная Н. К. Высоцким, лучшим знатоком платины, того места, которое занимала Россия во второй половине XIX в. по платиновой добыче. Однако царское правительство не сумело оценить этот драгоценный металл.

С 1867 г. экспорт платины за границу, к великой радости иностранных скупщиков-спекулянтов, был разрешен! Одновременно же был прекращен аффинаж на Петербургском Монетном дворе, и добываемая платина, естественно, широким потоком устремилась в Германию, Англию, Францию.

Бурные 50—60-е годы XIX в. сильно пошатнули финансы России, ее государственный долг возрос почти до 2 млрд. руб. — по тем временам астрономической цифры! Для спасения положения правительство ежегодно создавало специальные комиссии.

Первоначально особые надежды возлагали на выпуск новых платинников, даже посылали в Париж академика Б. В. Якоби, который принимал участие в опытах французских ученых по плавке платины (для этой цели Б. В. Якоби захватил с собой свыше 3 пудов платины). Из этого мероприятия ничего не вышло, хотя несколько монет и было изготовлено.

Якоби изучал метод Сен-Клер-Девилля и Добрэ, состоящий в прямой плавке платины в пламени гремучего газа. Вскоре и Сименс¹ изобрел свою знаменитую электрическую печь. Эта печь совершила новый перево-

¹ Сименс — немецкий инженер-электротехник.

рот: платина плавилась и обрабатывалась как обычный металл и все дорогие трудоемкие промежуточные процессы отпали. Тут-то и начинается широкое внедрение платины во все отрасли жизни человеческой. Но — не в России.

Самое драматичное, что в России не было аффинажных предприятий и вся сырая платина шла в упоминавшиеся страны, а необходимое лабораторное оборудование (из уральской же платины) Россия покупала у одной из фирм в Германии. Поэтому ввиду отсутствия спроса и аффинажных заводов правительство решило продать лондонской фирме «Джонсон, Маттей и К°» всю имевшуюся в наличии чистую платину, все монеты, обрезки от их производства, а также и всю еще не очищенную сырью — словом, всю платину и все платиноиды. История не сохранила точной цифры этого беспримерного разбазаривания русских ценностей; русские ученые Н. К. Высоцкий и О. Е. Звягинцев считают, что фирма получила не менее 2600 пудов платины. Такая неразумная оптовая продажа драгоценного металла сразу же насытила мировой рынок. Россия одновременно связала себя долгосрочным кабальным договором, обязуясь сдавать этой английской фирме и всю добываемую платину по определенной цене...

Англичане зорко следили за добычей платины на Урале, и когда там однажды появились французские перекупщики, в Екатеринбурге разгорелся скандал (в 1890 г.). Словом, всю платиновую промышленность постигла обычная в те времена участь: как и все самые доходные объекты, она попала в руки иностранных предпринимателей.

Попытка уральских платинопромышленников создать свое объединение (в 1898 г.) кончилась созданием «Анонимного общества», в котором французские капиталисты сосредоточили в своих руках 75% капитала. В 1903 г. картина изменилась: был образован «Синдикат потребителей платины», но вся разница была лишь в том, что французское «Анонимное общество» поглотили англичане...

К 1911 г. платину добывали уже многие страны, но больше всего ее было в России.

Россия	5766	93,1%
Колумбия	393	6,1%

США	29	0,5%
Австралия	21	0,3%
Всего	6189 кг	100%

К началу ХХ в. все сказочно богатые прииски были уже выработаны, и пришлось переходить с лопат на драги. Уже в 1905 г. работало 20 драг, а к началу первой мировой войны уже 40% металла было добыто драгами.

В 1910 г. при Горном департаменте было созвано совещание под председательством проф. Н. С. Курнакова, крупного химика (в советское время директора Института платины), для организации аффинажа платины у нас. Германский посол, узнав об этом, заявил решительный протест, так как эти мероприятия шли вразрез с заключенным с Германией (также кабальным) договором. Совещание было немедленно же распущено до 1913 г., когда договор окончился и платиновая промышленность начала предпринимать шаги, чтобы избавиться от иностранного капитала: ведь добыча на Урале составляла более 90% мировой, а доля иностранного капитала, инвестированного в предприятия Урала, — 92%.

Начавшаяся война приостановила все намеченные было реформы, а последовавшая за ней Великая Октябрьская социалистическая революция произвела переворот в промышленности. Советское правительство не оставило без внимания уральскую платину. В 1919 г. было организовано объединение «Уралплатина», которое взяло на себя решение вопросов по добыче и обработке платины.

После ликвидации всевозможных банд, оперировавших на Урале и Сибири, геолого-поисковые работы обнаружили там немало месторождений и среди них — Норильское. До 1920 г. в Сибири были лишь ничтожные находки платиновых металлов. Открытие же в эти годы в нижнем течении р. Енисея по р. Норилке месторождений медно-никелевых руд сразу выдвинуло Сибирь по добыче платины на первое место в СССР. Руды этого месторождения являются ценными, так как в них платина сочетается с важнейшими цветными металлами.

ми, с золотом и серебром. Ниже мы подробно ознакомимесь с этой жемчужиной Сибири.

В заключение несколько слов, так сказать, по нумизматике. Нам неоднократно задавали два таких вопроса:

Во-первых, имеются памятные медали из платины, выпущенные в честь особо важных событий в годы, предшествовавшие открытию платины на Урале. Как это могло получиться? Да, действительно, правительство отмечало важнейшие события платиновыми медалями с указанием года этого события, но под «орлом» чеканили микроскопические инициалы монетного двора, что позволяет установить истинную дату чеканки. Например, медаль в память открытия памятника Петру I помечена 1782 г., фактически же была изготовлена в 1828 г.; медаль в память взятия Парижа в 1814 г. (стоит эта дата) была изготовлена в 1828—1829 гг. и т. д. В Эрмитаже хранится одна из самых богатых в мире коллекций платиновых медалей, орденов, жетонов и т. п. Ошеломляет вес этих малюток. Медали очень красивы и своеобразны. Эффектна, например, очень светлая медаль из палладия с надписью: «Первый палладий из уральской платины, 1843 г.», 35 мм в поперечнике, а весом 46,88 г! Красива платиновая медаль в память открытия Исаакиевского собора, 65 мм в поперечнике весом 225,9 г. А одна из самых крупных и красивых медалей, в память 1000-летия России, 86 мм в поперечнике весит более $\frac{1}{2}$ кг — 573,5 г!

Вторая группа вопросов сводится к тому, в какие рубли (и даже полтинники) прибавлена платина, сколько именно и как отличать такие монеты? Теперь платина в такой мере «находится при деле», что во всех странах в ряде приборов и установок ее стараются заменить другими металлами подешевле, в том числе даже золотом! Кто же будет добавлять столь дефицитный металл в серебро, которое само является драгоценным металлом?!

Открытие платиноидов. Платина, поступившая из Южной Америки, содержит какие-то примеси — это подозревали химики еще в середине XVIII в. Алхимики же были убеждены, что в ней содержится именно золото, иначе она не была бы такой тяжелой...

Наконец, даже внешний вид платины, поступавшей из различных местностей — то светлый, то темный, определенно указывал на ее неоднородность, на присутствие каких-то веществ. Однако выделить из нее ни золото, ни иные элементы не удавалось. Удалось это английскому ученому Уильяму Волластону, который решил обнародовать свое выдающееся открытие весьма оригинальным способом.

В апреле 1803 г. он (как это выяснилось лишь впоследствии) разослал многим ученым анонимную листовку рекламного характера, гласившую, что открытый им «палладий», или «новое серебро», обладает многими свойствами, доказывающими, что он является новым благородным металлом. Указывался адрес, где можно было приобрести этот металл. Крупный английский химик Ченевикс, убедившись, что это действительно новый металл, скупил все его запасы. Однако рекламный анонимный характер оповещения о столь важном открытии вызвал сильные подозрения о возможном подвохе, и Ченевикс после некоторых исследований пришел к выводу, что этот «палладий» на самом деле является сплавом платины, ртути и еще какого-то металла. Хотя синтез по этому рецепту ему и не удался, однако в письме Королевскому Обществу он опроверг это открытие.

Немедленно же последовал снова анонимный ответ с предложением очень крупной денежной премии лицу, которому удастся получить из смеси платины, ртути и других примесей металл, аналогичный палладию. Ряд крупнейших ученых Англии, Франции и Германии сразу же отзовались на это предложение, однако через год уже сообщили, что задача невыполнима...

И только в 1805 г. У. Волластон официально сообщил об открытии им палладия, о своем авторстве шутливой листовки и о том, что название он дал в честь астероида только что открытого его другом. Хотя ученым, работавшим над «созданием» палладия, эта операция, разумеется, и не удалась, все же была проделана огромная научная работа и сделано немало важных открытий.

Волластон считал, что в «сырой» платине заключен еще какой-то элемент. После многих сотен бесплодных опытов ему, наконец, удалось выделить из легко раст-

воримой в «царской водке» части сырой платины еще один благородный элемент, названный им из-за красной окраски его соединений родием, от греческого наименования розы.

Почти одновременно с этим открытием уже в не растворимых в «царской водке» остатках платины были обнаружены еще два элемента: иридий и осмий. Эти остатки исследовали во Франции в 1803—1804 гг. выдающиеся французские химики — Коллэ-Декотиль, Фуркура и Вокелен, а в Англии — Симсон Теннант. Работы их по времени совпадали, однако приоритет был признан за Теннантом, так как французские исследователи искали и обнаружили один элемент, а Теннант сразу же стал искать (и нашел!) два элемента. Потомство высоко оценило заслуги этих выдающихся ученых, и имена их навеки запечатлены в названиях минералов: волластонит, теннантит, вокелинит и т. д.

Название «иридий» происходит от «ирис» — «радуга» по-гречески, так как его хлориды окрашены в различные яркие цвета, а осмий, что значит «запах» по-гречески, из-за резкого запаха некоторых его соединений.

Десятки ученых во многих странах изучали свойства платины и четырех платиноидов. В эту работу в конце первой четверти XIX в. энергично включилась и Россия.

Все известные платиноиды были немедленно же выделены из уральской платины. Загадкой являлись только не растворимая в «царской водке» часть сырой платины, так называемые остатки. В течение многих лет ряд химиков предполагали возможность присутствия в них еще одного элемента, предположительно платиноида. Все попытки извлечь этот элемент были бесплодны. Понадобилось сорок лет (!), чтобы этот неуловимый элемент в 1844 г. был бы наконец извлечен профессором Казанского университета К. К. Клаусом.

К. К. Клаус не был профессиональным химиком, и знания, позволившие ему открыть новый элемент, т. е. решить задачу, над которой бесплодно бились на протяжении десятков лет ученые с мировыми именами, он приобрел в результате упорной работы. Желая ближе познакомиться с платиновыми металлами и приготовить главнейшие их соединения для химического каби-

нета Казанского университета, он в 1841 г. попросил у П. Г. Соболевского 2 фунта платиновых остатков и приступил к делу.

К этому времени на Петербургском Монетном дворе скопилось громадное количество (многие пуды) остатков, что с ними делать — никто не знал. Два года занимался Клаус этим трудным, продолжительным и вредным для здоровья исследованием. У Клауса не было даже вытяжного шкафа, не было газа, достаточно-го количества подходящей посуды. Несмотря на эти трудности, Клаус в 1843 г. открыл до того времени неизвестный металл, но официально он сообщил о своем открытии лишь в 1844 г., после тщательной проверки его свойств. Нельзя не подчеркнуть, что Клаус еще ранее три раза «открывал» рутений, но каждый раз он принимал полученные соединения за иридиевые.

Для проверки столь ответственного открытия Академия наук создала Комиссию в составе академика Гесса и профессора Фрицше. Убедившись в правильности сделанного открытия, Академия присудила Клаусу полную Демидовскую премию — 1000 руб.

Клаус решил назвать новый элемент «рутением» в честь России (по-латыни). Впервые это название применил профессор Озанн из Дерптского университета, который также изучал «остатки» и, как ему показалось, открыл в них три новых элемента: плурал («платина Урала»), полин — «седой» по-гречески (первоначально назвал «полоний») — по цвету растворов и рутений. Химик Берцелиус, проверив работу Озанна, указал ему на ошибки: все эти вещества оказались смесями различных соединений. Интересно, что на открытие рутения был еще один претендент: профессор Снядецкий (Вильнюс), якобы открывший новый элемент «вестий» (1809 г.), названный в честь открытого в то время астероида.

ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И В КОСМОСЕ

ОТКРЫТИЕ большинства химических элементов в природе, в том числе и платиновых металлов, было связано с обнаружением их значительных кон-

центраций в минералах, позволивших выделить элемент в чистом виде и изучить его специфические свойства. Были разработаны чувствительные химические реакции и методики, а в более позднее время — физико-химические (радиоактивационные) методы, давшие возможность определять очень малые содержания платиновых металлов в природных образованиях. Выяснилось, что платиновые металлы не только образуют промышленные концентрации, но в небольших количествах распространены в большинстве пород земной коры, в морской воде и в морских организмах, в метеоритах и лунных породах; присутствуют они и в газах, окружающих Солнце. Все же данные о распространении этих металлов пока еще весьма скучны вследствие большой сложности аналитического определения ничтожных содержаний их и ограничиваются платиной и палладием.

Райт и Флейшер¹ дают следующие средние содержания их в изверженных породах (g/t)²: в ультраосновных — дунитах, пироксенитах — 0,05; в основных — базальтах — 0,025; в кислых — гранитах — 0,005. Для осадочных пород получены лишь единичные данные, показывающие, что их количества не превышают 0,01 g/t . Наивысшие содержания платины и палладия обнаружены в медистых сланцах Мансфельда — 0,02—0,05 g/t , где эти металлы (они извлекаются), вероятно, ассоциируют с сульфидами и в золе каменного угля (0,5 g/t).

Попытки оценить среднее содержание (кларки) платиновых металлов в земной коре дали величины, значительно расходящиеся между собой. Вот более поздние определения, дающие лучшее сходство: палладий, 0,01—0,02 g/t ; платина, 0,005 g/t ; иридий, осмий, родий и рутений все менее 0,001 g/t .

Метеориты изучены в этом отношении значительно полнее, чем породы земной коры. Анализы свыше 240 метеоритов показали, что содержание в них платиновых металлов в 100—1000 раз выше, чем в породах литосферы. Наиболее распространены хондриты (класс каменных метеоритов). Они сложены хондрами — округлыми образованиями до 5 mm в диаметре, состоящи-

¹ Американские минералоги и геохимики.

² То есть грамм на тонну. Для россыпей же принимается вес на 1 m^3 : g/m^3 .

ми из оливина $(Mg, Fe)_2 SiO_4$ или оливина и ромбического пироксена — $(Mg, Fe) SiO_3$. Хондры цементируются обломками самих хондр с примесью никелистого железа, троилита — FeS и других минералов. Их состав наиболее близок к ультраосновным породам Земли — дунитам. В среднем они содержат 4 г/т платиновых металлов, причем 90% их заключено в металлической фазе хондридов. Железные метеориты, сложенные в основном никелистым железом, отличаются наивысшими содержаниями платиновых металлов, составляющими (в г/т) для Pt — 30, Os — 17, Ru — 15,3, Ir — 10,3, Pd — 7,7, Rh — 4,1. Были вычислены следующие средние содержания платиноидов для метеоритов в целом (в г/т): Pt — 2,3, Os — 1,7, Ru — 1,6, Pd — 1,4, Ir — 0,7, Rh — 0,6. В целом же для космоса: $Pt > Ru > Pd \approx Os > Ir > Rh$; он значительно отличается от ряда распространенности в земной коре: $Pd > Pt \ll Ir \ll Os \ll Rh \approx Ru$.

Эти данные интересно рассмотреть в свете представлений о происхождении оболочек Земли, развивающихся академиком А. П. Виноградовым. Согласно его гипотезе земная кора возникает в результате плавления и дегазации мантии. Этот разделительный процесс, обусловивший образование коры Земли, был подобен зонной плавке, используемой в промышленности для очистки вещества от примесей. Эксперименты по зонной плавке силикатного вещества хондритов показали, что оно разделяется на более легкоплавкую фазу, близкую базальтам, и на более тугоплавкую фазу, подобную оливиновым породам (дунитам). По мнению А. П. Виноградова, дуниты, выходящие в виде поясов на поверхность Земли в геосинклинальных прогибах и выполняющие зоны глубоких разломов коры, представляют собой остаточную породу верхней мантии от процесса выплавления последней.

Гипотеза А. П. Виноградова объясняет повышенные концентрации платиновых металлов в ультраосновных породах, с которыми связаны многие крупные месторождения платины, и общее значительно более низкое их содержание в породах земной коры по сравнению с хондритами, принимаемыми за первоначальное вещество Земли. Можно предполагать присутствие наибольших концентраций этих металлов в металлическом ядре Земли.

Интересно отметить, что на основании изучения содержания осмия в лунных вулканических породах, приближающегося к его концентрациям в земных породах и значительно более низкого по сравнению с хондритами, американские исследователи высказывают предложение о проявлении на Луне процессов, приводящих к отделению металлического ядра.

Чтобы выяснить закономерности распределения платиновых металлов, надо знать, в каком виде они находятся в природных образованиях. Основной формой их распространения являются минералы платиновых металлов. Очень вероятно, что и ничтожное содержание платиноидов в породах также обусловлено микротекстурами минералов. Удивительно, что до сих пор платиновые минералы не обнаружены в метеоритах, хотя высокое содержание в железных метеоритах осмия и иридия позволяет предполагать присутствие в них соединений этих металлов. В ничтожных количествах платиновые металлы (не превышающие кларковые) существуют в минералах почти всех групп. Возможно, что в сульфидах железа и никеля медно-никелевых руд они находятся в виде изоморфной примеси, причем палладий предположительно заключен в пентлантиде, а родий и иридиум в пирротине.

МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНЫ И ПЛАТИНОИДОВ

ОНИ ВЕСЬМА разнообразны и многочисленны, число их достигает 90, причем все они являются важными источниками получения этих металлов. Для наиболее полного извлечения последних из руд необходимо знать состав минералов, размеры их выделений, особенности их срастаний как между собой, так и с другими минералами и, разумеется, их физические свойства. За исключением элементов III и VII групп периодической системы, платиноиды образуют соединения со многими элементами всех остальных групп. Особенность многочисленны соединения платиноидов друг с другом. Только палладий входит в состав минералов лишь вместе с платиной и родием, остальные же встре-

Таблица 1

МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Название	Состав	Автор, год открытия	Название	Состав		Автор, год открытия
				2	3	
Минералы платины						
Платина	Pt	Волластон, 1803	Нигглиит	Pt Sn	Шольц, 1937	
Поликсен	Pt, Fe	Волластон, назван Гаусманом	Сперрилит	Pt As ₂	Слерр, 1888, назван Уэлком и Гленфильдом	
Ферроплатина	Pt, Fe	Соболевский, Варвинский, 1827	Геверсит	Pt Sb ₂	Штумпфль, 1961	
Никелистая платина	Pt, Fe, Ni	Бетехтин, 1927	Инсизвант	Pt (Bi, Sb) ₂	Кабри, 1971	
Родистая платина	Pt, Fe, Rh		Куперит	Pt S	Купер, 1928, назван Вагнером	
Палладистая платина	Pt, Pd	Волластон	Бретгит	(Pt, Pd, Ni) S	Банистер, Хэй, 1932	
Иридистая платина	Pt, Ir	Сванберг, 1835	Мончейт	(Pt, Pd) (Te, Bi) ₂	Генкин, Журавлев, Смирнова, 1963	
Купроплатина	Pt, Fe, Cu	Заварицкий, Бетехтин, 1924				

Минералы, еще не получившие названия: $(Pt, Pd)_3 Sn$, $Pt_4Sn_3Cu_4$, $(Pt, Ir) As_2$, $Pt(Ir, Os)_2 As_4$, $(Pt, Rh, Ir, Pd) AsS$, $PtSb$, $Pt(Sb, Bi)$.

Минералы палладия

Палладий	Pd	Волластон, 1809 Цинкен, 1835, назван Дэна, 1868	Мертьевит Фрудит	$Pd_5 (Sb, As)_2$ $PdBi_2$	Десборо, 1971 Холи, Берри, 1958	Леонард,
Аллонопалладий	Pd	Харрисон, 1925 $(Pd, Pt)_3 (Pb, Sn)$	Палладинит	PdO		
Погарит	Pd, Hg $Pd_3 (Sn, Cu, Pb)_2$	Масленников, 1947 Генкин, Муравьева, Тронева, 1966	Высоцкий	$(Pd, Ni) S$	Генкин, Звягинцев, 1962	
Станнопалладинит		Генкин, Евстигнеев, Дапутина, Тронева, 1970	Остербошилт Котульский	$(Pd, Cu)_7 Se_5$ $Pd(Te, Bi)$	Иоганн, Пико, Пир- ро, Вербек, 1970 Генкин, Смирнова, 1963	
Звягинцевит		Генкин, Евстигнеев, Дапутина, Тронева, 1969	Майчнерит	(Pd, Pt)	(Te, Bi)	Холи, Берри, 1958
Плюмбопалладинит	$Pd_3 Pb_2$					
Полярит	Pd (Pb, Bi)					
Арсенопалладинит	$Pd_3 As$	Баннистер, Кларинг- бул, Хэй, 1955	Меренскит	(Pd, Pt)	$(Te, Bi)_2$	Кингстон, 1966
Стибиопалладинит	$Pd_3 Sb$	Адам, 1927, назван Вагнером				

Минералы, еще не получившие названия: $(Pd, Pt)_3 Sn, (Pd, Pt)_5 (Sn, As, Sb)_2 Pd_2$ $Sn, Pd_2 (Sn, As, As)_2$, $Pd_6 Cu_2 (Sn, Sb)$, $Pd_3 Pb, Pd_4 Pb_3, Pd_3 Pb_3 Bi$, $(Pd, Ni)_3 As, Pd_3 (As, Te)$, $Pd_5 As_2$, $Pd_3 Ni_4 As_3, (Pd, Ni)_2 As, Pd_8 Cu Sb_3, Pd_2 Cu Sb, Pd (Sb, Bi)$, $Pd_2 Bi, Pd Bi_3, (Pd, Hg)_x (Te, Bi)_2$, $Pd Bi Te_2, Pd_2 Bi_2 Te_3, (Pd, Ni) (Te, Bi)_2, (Ni, Pd) (Te, Bi)_2$.

Минералы иридия

Иридий	Ir		Родиевый невьянскит	Ir, Os, Rh	Сен-Клер, 1859.
Платинистый иридий	Ir, Pt	Брейтгаупт, 1833	Рутениевый невьянскит	Ir, Os, Ru	» 1859.
Оsmистый иридий	Ir, Os		Ауростимирид	Ir, Os, Au	Звягинцев, 1934
Невьянскит	Ir, Os	Волластон, 1805, назван Гайдингером, 1848	Ирарсит	(Ir, Ru, Rh, Pt) As S	Генкин, Журавлев, Муравьева, Троне-ва, 1966
Платинистый невьянскит	Ir, Os, Pt	Клаус, 1854			

Минералы родия

Холлингвортит	(Rh, Pd, Pt) As S	Штумпфль, 1965	Кларк,
Рутениевый холлингвортит	(Rh, Ru, Pt) As S	Генкин, Муравьева, Троне-ва, 1966	Журавлев, Троне-ва,

Минералы осмия

Минералы осмия	
Осмий	Os
Сысертскит	Os, Ir
Рутениевый сысертскит	Os, Ir, Ru
Осрутин	Ru, Os

Минералы родиевого ряда	
Родиевый сысертскит	Os, Ir, Rh
Розе, 1833, Гайдингером,	(Os, Ru) As S
Багнер, 1929, Звятинцевым	(Os, Rh, Ir) S ₂
Снегзингер, 1971	» 1971

Минералы рутения	
Снегзингер, 1971	Даурит
Снегзингер, 1971	Ru S ₂
Веллер, 1866	

Минералы, еще не получившие названия: (Os, Ir, Pt, Ni)S, (Ru, Os)S₂, (Ru, Os, Ir) S₂.
 Минералы, содержащие платиновые металлы в подчиненных количествах: платинистое золото (Au, Pt), порпецит (Au, Pd), (Au, Pt) Cu, иридистое золото (Au, Ir), родистое золото (Au, Rh).

чаются в любых совместных соединениях. Предпринимались попытки классифицировать эти минералы на основании типа образуемых ими соединений. Минералы, в состав которых входят в основном сами платиновые металлы, железо и небольшие количества меди, золота, никеля и других, характеризующиеся широкими вариациями количественных соотношений этих элементов, относят к сплавам или интерметаллическим соединениям при более постоянном составе. Соединения платины и палладия с оловом и свинцом также иногда причисляют к интерметаллическим соединениям, хотя они характеризуются стехеометрическими (цельночисленными) соотношениями элементов и имеют специфические кристаллические структуры. Наконец к химическим соединениям платиноидов относят арсениды, антимониды, висмутиды, сульфоарсениды, сульфиды, селениды и теллуриды этих элементов. Исследования различных ученых и свои работы по изучению уральских месторождений обобщены известным русским минералогом А. Г. Бетехтиным. Интенсивное исследование минералогии платиновых минералов, начавшееся с 1950—1960 гг., значительно расширило представления о природных соединениях этих металлов, что тесно связано с развитием методов анализа микролючества веществ: локального рентгеновского микроанализа (электронный зонд), позволяющего определять состав даже мельчайших зерен минералов непосредственно в полированных шлифах руд, лазерного спектрального микроанализа, рентгеновского анализа микрозерен весом 0,01—0,001 мг, монтируемых в виде порошка в шарики из резинового клея. Есть и другие методы. Большая часть новых минералов открыта в месторождениях медно-никелевых сульфидных руд (Норильский р-н, Мончегорское, Садбери, Инесизва) или в тесной ассоциации с сульфидами железа, никеля и меди. Все известные до настоящего времени минералы платиновых металлов представлены в таблице 1. Отметим, что многие минералы из-за еще недостаточной изученности (отсутствие рентгеновской характеристики) пока не получили названия. Известны также минералы других металлов, в основном золота, содержащие до нескольких процентов платины, палладия, иридия и родия.

Характерны некоторые физические свойства плати-

новых минералов: удельный вес, твердость, магнитность, хотя они и установлены лишь для небольшого числа их. Более детально изучены оптические свойства платиновых минералов: отражение и цвет в полированных шлифах.

Наибольшими значениями удельного веса обладают соединения платиновых металлов друг с другом, а наименьшими — соединения их с серой. Самым тяжелым из всех известных в природе минералов является платинистый иридий (уд. вес равен 22,6—22,9), затем сысерцит (21,1—22,5). Удельный вес самородной платины и поликсена — 14—19. Самый низкий удельный вес среди платиновых минералов у лаурита (RuS_2) — 6,2—6,9. Зато последний среди них самый твердый: его твердость по шкале Мооса — 7,8, а у самородной платины — 4—4,5. Наиболее мягкими являются соединения палладия со свинцом и висмутом; их твердость, определенная на микротвердометрах путем вдавливания под определенной нагрузкой алмазной пирамидки, составляет, например, для полярита — $\text{Pd} (\text{Pb}, \text{Bi})$ 170—220 kg/mm^2 , тогда как у поликсена она — около 400 kg/mm^2 , у сперрилита — до 1000 kg/mm^2 , а у лаурита достигает 2100 kg/mm^2 .

Магнитными свойствами обладают лишь несколько платиновых минералов. Наиболее магнитны разности платины, богатые железом, особенно ферроплатина. Это ее свойство иногда используется для извлечения из руд путем магнитной сепарации. Слабо магнитным является сысерцит, полярно магнитна купроплатина.

В рудах основная масса платиновых минералов представлена мельчайшими зернами, обнаруживаемыми лишь под микроскопом и то не всегда. Так, при содержании их в рудах, не превышающих 20 г/т, их не удается установить даже при просмотре очень большого числа полированных шлифов. Для изучения их извлекают из проб руд путем дробления, разделения и отмыки в тяжелых жидкостях, а при нахождении их в сульфидных рудах применяется растворение в кислотах: они имеют большой удельный вес и большинство устойчивы по отношению к кислотам.

Крупные скопления платиновых минералов и их самородки встречаются чрезвычайно редко¹. Зерна само-

¹ См. раздел «Самородки платины».

родной платины обычно выполняют промежутки между зернами хромита и силикатов. Ферроплатина и некоторые другие платиновые минералы образуют в медно-никелевых месторождениях прожилки среди сульфидов. Характерной особенностью этих минералов является образование ими тесных срастаний друг с другом, в которых принимает участие иногда до восьми различных минералов. Изредка они встречаются в виде хорошо образованных кристалликов до нескольких миллиметров; более крупные же являются исключительной редкостью.

Кристаллизующиеся в кубической сингонии самородная платина, поликсен, иногда ферроплатина, образуют кристаллы в виде кубов, иногда деформированных и вытянутых в одном направлении наподобие параллелипеда. Кубическими и октаэдрическими кристаллами представлен платинистый иридий. Очень богаты кристаллическими гранями кристаллы сперрилита (Pt As_2). По внешнему виду выделяются три типа его кристаллов: с преимущественным развитием граней куба, октаэдра и пентагонодекаэдра. Размер их обычно не превышает 1,0 мм, но в Южно-Африканских месторождениях они достигают 1,85 см.

К гексагональной сингонии относятся кристаллы невьянскита и сысертского, встречающиеся в виде шестиугольных пластинок.

Тетрагональные призматические кристаллы образуют куперит, брэггит и высоцкит, мельчайшие кристаллики которого наблюдаются в медно-никелевых рудах.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ обнаружены во многих странах земного шара. Однако подавляющее большинство этих находок не представляет никакого промышленного интереса, а разработка немногих из них производится лишь в очень небольших масштабах. Наиболее крупные месторождения сосредоточены в Канаде, ЮАР и Колумбии. По геологической обстановке и условиям образования эти месторождения можно отнести к нескольким типам, причем каждый из них характе-

ризуется определенной формой рудных тел, особенностями строения руд и их минерального состава. В СССР принятая классификация платиновых месторождений, предложенная академиком А. Г. Бетехтиным; зарубежные — близки к нашей.

I. Месторождения эндогенные, образующиеся в земной коре при внедрении в нее магматических силикатных расплавов. В отличие от других металлов (олово, вольфрам, молибден, золото и другие), связанных с кристаллизацией кислых (богатых кремнеземом) магм, застывающих в виде гранитов, платиновые металлы связаны с ультраосновными и основными магмами, бедными кремнеземом. В зависимости от места и времени отложения платиновых минералов различают месторождения:

а) собственно **магматические**, в которых платиновые минералы возникают в связи с процессом кристаллизации магматических масс, главным образом в самих интрузивных породах — дунитах, пироксенитах (ультраосновные породы), норитах, габбро-долеритах (основные породы);

б) **пегматитовые** — в продуктах отщепления основных платиноносных магм;

в) **контактово-метасоматические** (скарновые), образующиеся на контактах основных магм и их дифференциатов с карбонатными породами;

г) **гидротермальные**, связанные с деятельностью горячих глубинных растворов, отделяющихся от глубинных магматических масс.

II. Месторождения экзогенные, возникающие при разрушении эндогенных, коренных месторождений платины и пород, содержащих платиновые минералы под воздействием атмосферных агентов; среди них различаются:

а) месторождения в зоне **выветривания**, образующиеся в зоне окисления платиноносных рудных образований;

б) **платиноносные россыпи и конгломераты**, содержащие минералы платиновой группы в виде кластического (обломочного) материала.

Эндогенные месторождения Среди них месторождения магматические имеют наибольшее значение, являясь источником добычи платиновых металлов,

золота, алмазов и многих других полезных ископаемых. В отличие от золота, для которого известно очень много крупных месторождений, число последних для платиноидов ограничивается единицами.

Выделяют два типа месторождений платиновых металлов: уральский, к которому относятся месторождения платины и осмистого иридия в ультраосновных и основных породах и тип Садбери (Канада), медно-никелевых сульфидных руд, приуроченных к основным породам, с которыми связаны месторождения палладия, платины и других платиновых металлов.

Месторождения уральского типа. Хотя платиновые россыпи начали разрабатываться в Колумбии еще до 1735 г., а на Урале с 1825, первое в мире месторождение коренных платиновых руд было открыто на Урале лишь в 1890 г. в Нижне-Тагильском дунитовом массиве. Оно было представлено сравнительно небольшим телом хромита¹ с вкраплениями зерен платиновых минералов. Платиновые дуниты сложены магнезиальным оливином и обычно серпентинизированы, т. е. превращены под воздействием более поздних процессов в водный силикат магния, в серпентин.

Массивы дунитов, имеющие в плане овальную форму, и окружающие их пироксениты и габброидные породы протянулись в меридиональном направлении к северу от Свердловска, образуя так называемый платиноносный пояс Урала, имеющий свыше 600 км длины. Систематическое изучение коренных месторождений платины и разведка дунитовых массивов начались с 1922 г. В самом большом Нижне-Тагильском массиве было обнаружено около 600 пунктов платиновой минерализации, в которых платиновые минералы всегда находились в тесной связи с хромитом.

Своеобразно выглядят рудные тела платиновых месторождений: по существу, это участки дунита с рассечеными в нем зернами хромита, платиновые же минералы приурочены к последним, хотя, разумеется, далеко не все подобные тела платиноносны. Они образуют линзы, гнезда, столбы, жилы, чаще с неясно выраженными границами, размером от нескольких сантиметров до десятков метров.

¹ Здесь и далее под хромитом подразумевается группа хромовых шпинелей переменного состава.

Платиновые минералы обычно образуют очень мелкие выделения, различимые лишь под микроскопом. Реже встречаются гнездообразные скопления среди хромитов, а как исключения — почти сплошные скопления — здесь чаще всего встречаются самородная платина (поликсен) и ферроплатина. Еще реже — минералы иридия и осмия: платинистый иридий, невьянскит, сысерскит, осмирид, ауроосмирид, осмий и иридий самородный, затем впервые открытые А. Г. Бетехтиным купроплатина и никелистая платина.

Характерно, что в составе платиновой минерализации уральского типа преобладают тяжелые платиновые металлы: платина и в меньшей степени иридий и осмий; легкие же металлы: рутений, родий и особенно палладий находятся в подчиненном количестве.

О происхождении платины было высказано несколько гипотез, но наиболее хорошо объясняет природные соотношения гипотеза А. Н. Заварицкого и А. Г. Бетехтина. Они считают, что в магматическом силикатном расплаве платина была растворена не непосредственно, а входила в состав каких-то соединений. Парагенезис платины и хромита позволяет предполагать, что в эти соединения, помимо платиновых металлов, входили хром, железо и летучие компоненты. Образование скоплений хромшпинелидов и платины происходило в результате распада таких соединений, обособившихся (вероятно, в газообразном состоянии) при кристаллизации дунитового расплава. Подтверждением участия летучих компонентов в образовании руд может служить интересный факт, наблюдавшийся на нижних горизонтах месторождения Госшахта (Соловьева гора) при разработке платиновых хромитовых рудных тел, содержавших полости, не заполненные другими минералами. Здесь во время горных работ выделялся газ, загоравшийся голубым пламенем, в основном состоявший из водорода, аммиака, азота и др. Газ сходного состава был получен на этом месторождении также из скважины с глубины 600 м. Эти факты говорят о том, что соединения, при разложении которых выпадали хромит, платина и другие минералы, содержали первоначально в себе соединения водорода, который при распаде их обособлялся в виде газа. В момент распада соединений в первую очередь формировал-

съ хромит; платина же выделялась несколько позже.

Платиновые минералы обнаружены на Урале в небольшом количестве и среди других ультраосновных пород — пироксенитов, в которых они иногда пространственно связаны со скоплениями титано-магнетитов. Уральские коренные месторождения платины не имели большого промышленного значения и были довольно быстро выработаны; однако они явились основным источником формирования богатейших платиновых россыпей, разрабатывавшихся более ста лет.

К уральскому типу близки небольшие месторождения Алданского щита. Отличительной особенностью этих месторождений является расположение платиновых дунитов в платформенной области в пределах развития щелочных интрузивных пород, приуроченных к месту пересечения крупных глубинных разломов архейского фундамента. Как и в уральских месторождениях, рассеянное вкрапленное платиновое оруденение тесно связано с хромитом. Рудопроявления и месторождения, связанные с платиноносными дунитами, известны и в зарубежных странах: Эфиопии, ЮАР, Южной Родезии и др.

Месторождения платиновых руд медно-никелевого сульфидного типа, к которому относятся месторождения: Садбери (Канада), некоторые месторождения Бушвельда (ЮАР) — за границей и месторождения Норильского р-на в СССР и ряд аналогичных носят совершенно иной характер. Они приурочены к платформенным областям, в которых массивы рудоносных интрузивных пород представлены грандиозных размеров лополитами или линзообразными телами. Рудоносные интрузивы имеют слоистое строение, причем скопления сульфидов приурочены к норитам или габбролеритам, располагающимся в нижней части интрузивов.

Платиновое и медно-никелевое оруденение тесно связаны между собой. Главными рудообразующими минералами являются сульфиды: пирротин, халькопирит, пентландит. Геохимическими особенностями этих руд, отличающими их от уральских платиновых руд, являются: значительно большее содержание или даже преобладание палладия над платиной, большее количество родия и рутения по сравнению с иридием и осмием; присутствие платиновых минералов, содержащих свинец, оло-

во, сурьму, висмут, теллур; присутствие в рудах золота и серебра.

В большинстве месторождений этого типа платино-вые металлы извлекаются из руд попутно с получением меди и никеля.

Первое в мире крупное месторождение медно-никелевых руд, содержащих платиновые металлы, было открыто в районе Садбери в 1883 г., однако платину и палладий начали извлекать из руд лишь в 1919 г. В 1966 г. было добыто около 12 т, а общая продукция с начала извлечения к концу 1966 г. составила 340 т.

Месторождение разрабатывается большим числом рудников, рудные тела в которых располагаются по периферии крупного интрузива эллиптической формы (60×25 км). Сульфидное оруденение приурочено в основном к сложенной норитами донной части интрузива, образуя вкрапленные выделения в норитах и краевые залежи по их контакту с вмещающими породами. Промышленные руды в виде столбообразных и лентообразных залежей (так называемые «оффсеты») встречаются и за пределами интрузива на удалении от него до 8 км. Редкие находки платиновых минералов в сульфидных рудах представлены сперрилитом и несколькими палладиевыми минералами. Сведения о платиновых металлах в рудах весьма ограничены. По данным канадских геологов, среднее содержание их составляет 0,7 г/т, причем половина приходится на платину. Приводятся следующие количественные соотношения платиновых металлов в рудах: платина 43—45%, палладий 40—42, родий 8—12, рутений 2—3, иридий 1—2%.

В Южной Африке наиболее крупные месторождения платины расположены в провинции Трансвааль (ЮАР), где они связаны с Бушвельдским интрузивным комплексом. Интересна история открытия этих месторождений. Впервые платину в центральном Трансваале обнаружили в 1923 г. при промывке поисковиками материала из термитников. На следующий год зерна серебристого металла были найдены при промывке гравийных отложений в высохшем речном русле в Лиденбургском округе. Молодой немецкий инженер И. Меренский, которому показали эти зерна, определил их как платину и предпринял детальные поиски их коренных источников. Настойчивые исследования привели его, наконец, к открытию

пластообразной залежи диаллагового норита с очень высоким содержанием платины и палладия. Последующие работы показали, что эта пластообразная залежь, названная «горизонтом», или «рифом Меренского», протягивается на сотни километров, обладая высоким содержанием и огромными запасами платиновых металлов. Платиновые минералы в породе находятся в срастании с сульфидами железа, никеля и меди, образующими в ней вкрапленные выделения. Содержание платиновых металлов в рудах составляет около 10 г/т, причем в отличие от других месторождений медно-никелевого сульфидного типа платина в них преобладает над палладием с соотношением Pt : Pd = 3 : 1 (в руднике Рустенбург). Месторождение разрабатывается рудниками Рустенбург и Юнион. Общая продукция платиновых металлов в ЮАР, основная часть которой добыта на этих рудниках, составляет с 1925 по 1962 г. около 150 т. Максимальная производительность достигала в 1957 г. около 18 т.

Месторождения медно-никелевых руд Норильского района — здесь, в далеком Заполярье, среди дикой Сибирской тундры создан Норильский горно-металлургический комбинат.

Природа не сразу открыла человеку свои тайны. Одним из первых в 40-х годах XVIII в. побывал на норильской земле русский землепроходец Харитон Лаптев, впервые упомянувший в дневнике реку Норильскую. В 1865 г. купец Сотников сделал заявку на открытие в Норильских горах угля и меди. Более детальные исследования района начались после подписания В. И. Лениным в 1918 г. декрета об организации большой экспедиции по изучению Северного морского пути. В 1919, 1920 и 1922 гг. геологическая партия под руководством Н. Н. Урванцева, направленная в низовья Енисея для поисков каменного угля, установила большую перспективность Норильского месторождения для дальнейшей разведки. Химический анализ образцов норильских руд, переданных Н. Н. Урванцевым проф. Н. К. Высоцкому, известному специалисту по платине, показал, что в них, как и в рудах месторождения Садбери, содержатся платиновые металлы, причем в значительно больших количествах. В 1935 г. началось строительство Норильского комбината. Большую роль в развитии этого крупнейше-

го предприятия сыграл А. П. Завенягин, именем которого назван комбинат. Дальнейшие геологосъемочные и геофизические работы норильских геологов привели к открытию в 1961 г. Талнахского, а в 1965 г. Октябрьского месторождений.

Медно-никелевое оруденение и платиновая минерализация месторождений Норильского района тесно связаны с интрузивами габбро-долеритов, внедрившимися в виде пластообразных тел по контакту эфузивных траппов (лавовые образования) и угленосных осадочных пород.

Оруденение приурочено к богатым оливином габбро-долеритам в нижней придонной части интрузива и представлено вкрапленными рудами и залежами сплошных руд. Весьма своеобразно строение вкрапленных каплевидных обособлений сульфидов (до 1 см). Нижнюю часть их слагает сульфид железа — пирротин, а верхнюю сульфид меди и железа — халькопирит, причем граница раздела минералов обычно горизонтальна. Этот факт и общая приуроченность сульфидной вкрапленности к нижней части интрузива является одним из основных доказательств разделения магмы на два несмешивающихся расплава: силикатный и сульфидный. Капельки отделившегося в результате ликвации сульфидного расплава опускаются вниз из-за своего большого удельного веса и кристаллизуются в виде рассеянных вкрапленных выделений, иногда соединяясь в более крупные скопления, отжимающиеся по трещинкам в габбро-долериты и вмещающие их породы с образованием сплошных руд.

Наиболее распространены палладий, затем платина, родий, рутений, иридий и осмий.

Интересны особенности распределения платиновых металлов в сплошных рудах. Наиболее бедны платиной и палладием пирротиновые руды, но по сравнению с другими типами руд в них содержатся повышенные количества родия, иридия, рутения и осмия. Наиболее высокие содержания платины и палладия приурочены к халькопиритовым и талнахитовым рудам. В этих рудах постоянно встречаются разнообразные минералы платины (ферроплатина, сперрилит и др.) и особенно палладия, образующего различные соединения с оловом, свинцом, мышьяком, сурьмой, висмутом, теллуром.

Платиновые минералы распределены в рудах крайне неравномерно, образуя скопления или концентрируясь в самой верхней части залежей сплошных руд. Прожилки и просечки их среди сульфидов доказывают их более позднюю кристаллизацию. В ассоциации с этими минералами наблюдаются золото, самородное серебро, галенит, сфалерит и иногда редкий, лишь недавно обнаруженный в рудах, сульфид калия, железа и меди — джерфишерит (впервые обнаруженный в метеоритах).

Платиновая минерализация присутствует и в месторождениях медно-никелевых сульфидных руд Кольского полуострова — Мончегорском и Печенгском, однако содержания платиновых металлов здесь значительно ниже.

Остальные типы эндогенных месторождений платиновых металлов имеют весьма подчиненное значение или уже выработаны, но представляют интерес для выяснения условий возникновения платиновой минерализации.

Месторождения пегматитового типа встречены лишь в ЮАР, где они приурочены к трубообразным и столбообразным телам крупнозернистых пегматитоподобных дунитов (трубки Онфервахт, Дрикоп, Моихук), прорывающих породы норитового горизонта огромного Бушвельдского интрузива. Наиболее богатая платиновая минерализация наблюдалась в телах гортонолитового (гортонолит — железистый оливин) дунита, в которых содержание платины достигало местами 2 кг на 1 т. Своеобразен состав платиновых минералов этих месторождений. Наряду с преобладающим поликсеном в них часто встречаются сульфоарсениды родия, иридия, платины, сульфиды палладия с сурьмой и висмутом. Известный английский исследователь платиновых месторождений Южной Африки П. Вагнер предполагает, что часть платиновых металлов в этих дунитовых «трубках» заимствована из пород платиноносного горизонта Меренского.

Небольшое контактово-метасоматическое месторождение находится также в ЮАР, в районе Потгитерсрат на контакте раздробленных карбонатных пород и неправильной формы тел графических гранитов, содержащих сульфиды меди и никеля и ассоциирующие с ними сперрилит и стибиопалладинит, впервые открытый на этом месторождении. Золото-кварцевое сульфидное оруденение с платиновой минерализацией известно в месторождении

рождении Куру-Тегрек (Узбекская ССР). Оно приурочено к скарнам, но является более поздним, наложенным на них.

Собственно платиновые гидротермальные месторождения встречаются очень редко. Уникальные месторождения этого типа известны в районе Ватерберг в Центральном Трансваале (ЮАР). Они представлены брекчированными кварцевыми жилами, расположеными в фельзитах и их туфах, относящихся к верхней части Бушвельдского интрузивного комплекса. Самородная платина образует гнездообразные скопления в кварце и халцедоне с тонкопластиначатым гематитом. Как редкость платина встречается в золотокварцевых жилах и добывается лишь попутно с золотом. Небольшие содержания платиноидов встречаются в гидротермальных месторождениях различных типов: медно-колчеданных, медно-порфировых, полиметаллических и др.

Экзогенные месторождения До открытия коренных месторождений платиновых руд в Канаде, Южной Африке и Советском Союзе экзогенные месторождения, главным образом платиноносные россыпи, были основным источником их получения. В настоящее время они дают лишь ничтожную часть мировой добычи. Условия образования экзогенных месторождений золота и платины во многом сходны. Эти металлы встречаются даже совместно в золото-платиновых россыпях. Остановимся вкратце лишь на специфических экзогенных месторождениях платиновых металлов.

В зоне выветривания при непосредственном окислении на месте коренных платиновых пород платиновые месторождения образуются довольно редко. Наиболее крупные из них находятся в Западной Эфиопии. Здесь платиноносные дуниты превращены в плотную буроватую окременелую породу, получившую название бирбира (по имени реки Бир-Бир). С латеритным элювием этих пород связаны наиболее высокие концентрации платиновых металлов, местами представленные самородками весом до 15 г.

Платиноносные россыпи являются основным типом экзогенных месторождений платины. Они известны на Урале, в Колумбии, Тасмании, США (Калифорния, Оregon — золотоносные россыпи с попутным извлечением платиновых металлов). В геологическом строении этих

россыпей имеется много общего. Различия проявляются лишь в минеральном составе россыпей и содержании в них платиновых металлов. Уральские россыпи являются самыми богатыми на земном шаре.

От обычных россыпей отличается удивительное месторождение древних метаморфизованных россыпей — Витватерсrand. Оно известно не только как крупнейшее в мире по запасам золота и урана, но и как основной поставщик осмия и иридия на мировой рынок. С 1921 по 1965 г. здесь добыто свыше 7 т иридистого осмия. Золото и платиновые металлы приурочены к так называемым «рифам», пластам-конгломератов, в которых гальки кварца размером до 5 см скементированы песчанистым материалом. В последнем и находятся иридистый осмий в виде зерен размером от 0,04 до 0,19 мм и весьма мелкие частицы самородного золота. Добыча благородных металлов в руднике происходит на громадных глубинах, превышающих 3000 м.

Атмосферные воды размыли эти россыпи, золото было переотложено и перетерто, а более устойчивый иридистый осмий сохранил округлую форму своих зерен.

Весьма вероятны находки аналогичных погребенных золото-платиновых россыпей в породах древнего возраста и в других частях света, в частности и у нас в Советском Союзе.

КАК ИЗВЛЕКАЮТ МЕТАЛЛЫ ГРУППЫ ПЛАТИНЫ

ЗАПАСЫ РУД драгоценных металлов, масштабы их добычи, методы их обогащения и извлечения металла — во всех странах скрыты за семью замками... За двести лет работы с ними сотни металлургов во всех технически развитых странах разработали бесчисленное число схем технологических процессов, стремясь к наиболее полному извлечению этих металлов при одновременном упрощении и удешевлении их. К сожалению, о какой-либо «стандартизации» этих процессов, даже в отношении месторождений однотипных руд, не может быть и речи: слишком разнообразны состав и физические

свойства слагающих рудные тела минералов. Необычайно широк и климатический диапазон размещения месторождений — от берегов Ледовитого океана до самого юга Африки, что уже предопределяет специализацию в строительстве производственных комплексов. Даже такая «мелочь», как, например, присутствие в рудах некоторых сульфидов, хотя бы в ничтожном количестве, может существенно повлиять на процесс обогащения и на другие операции. Эти обстоятельства вызывают необходимость «подгонки» уже применяемых в аналогичных условиях методов к вновь осваиваемому месторождению. Насколько сложна эта операция, видно, например, на практике крупнейшего месторождения Садбери: первые попытки промышленного извлечения платины начались в 1897 г.; только к 1934 г. оно стало важным продуцентом платины, палладия и рутения, но всего лишь лет 10 назад технологии добились резкого повышения добычи и то при потере почти сорока процентов этих металлов. Для освоения руд «горизонта Меренского» потребовались также десятилетия. Все эти методы чрезвычайно сложны, слагаются из многочисленных отдельных операций, и мы можем познакомиться лишь с их схемой.

Наиболее просто (относительно!) извлекают концентраты этих металлов (обычно самородные минералы) из руд россыпных месторождений; здесь применяют промывочные аппараты различной конструкции. Сложнее обработка руд коренных месторождений: породу приходится дробить, измельчать, разделять по классам крупности зерен (классифицировать), обогащать на промывочных аппаратах.

Наиболее сложной обработке подвергаются сульфидные медно-никелевые руды. Например, из руд Садбери эти металлы извлекаются совместно с никелем и медью. После дробления руды с высоким содержанием никеля подвергают магнитной сепарации, т. е. отделению с помощью электромагнитов. Полученный концентрат после агломерации (изготовления из него брикетов) идет в плавку. Низкопробные же медистые руды (вкрапленные в пустую породу) обрабатывают отдельно; их дробят, затем измельчают, обогащают флотацией. Полученный медный концентрат перерабатывается на специальных заводах и при последующей электролитической очистке

меди платина переходит в шлам (илоподобный отход).

Никелевый же концентрат (сульфидные минералы) сначала подвергают окислительному обжигу, а затем плавят. Полученный так называемый штейн направляется на очень сложную термическую переработку, в результате которой получаются соединения никеля, меди и медноникелевый сплав, в котором сконцентрировались и наши металлы. После отделения электромагнитами последнего и разделения сульфидов никеля и меди флотацией их передают на специализированные заводы. Никелевые же и медноникелевые сплавы восстанавливают до металла и подвергают электролизу, причем платиновые металлы переходят в шлам. Выделение и первичная очистка этих металлов очень сложны, и на них мы не будем останавливаться.

Однако технологический процесс еще не закончен: металлы надо окончательно очистить, довести до кондиции согласно требованиям действующих стандартов. Каждый металл выпускается нескольких марок, с точным указанием степени его чистоты. Так, например, платина марки «Пл 99,9» может в примесях содержать не выше 0,01% золота, столько же железа и не более 0,07 платиноида. Столь высокая степень чистоты требует применения сложных методов аффинажа, и «технологические схемы его насчитывают сотни взаимосвязанных операций с многочисленными оборотами растворов и полупродуктов, с постепенным выделением тех соединений, из которых очищенные платиновые металлы могут быть получены непосредственно», — говорится в специальном руководстве.

ЧТО ТАКОЕ ПЛАТИНОИДЫ? КАКОВЫ ИХ СВОЙСТВА?

СВЫШЕ ДВУХСОТ ЛЕТ охотится человечество за платиноидами — да это и понятно — ведь с каждым годом открываются все новые ценные свойства этих «неистребимых» элементов и области их применения непрерывно расширяются.

Совместно с триадой железо—кобальт—никель они составляют восьмую группу периодической системы элементов. «Легкие» платиноиды, расположенные по сосед-

ству с серебром — рутений, родий и палладий, имеют плотность несколько выше 12 и атомные веса от 101,7 до 106,7. Примыкающие же к золоту «тяжелые» платиноиды — осмий, иридий и платина — являются тяжелейшими из всех элементов: их плотности лежат в пределах 21,5—22,5, а атомные веса — от 190 до 195,2. Аналогия мы видим и по вертикали: так, соединения рутения и осмия напоминают соответствующие соединения железа, отчасти и марганца.

Соединения родия и иридия соответственно походят на таковые кобальта, например, на некоторые комплексные соли его.

У палладия наблюдаются свойства, являющиеся переходными к серебру, его соседу по таблице, а у платины — к золоту. В подробных справочниках описание свойств платиноидов занимает тысячи страниц! Автор же должен ограничиться одной-двумя страницами. Поэтому сообщаю лишь самые важные сведения, частично представленные в табл. 2.

Рутений по внешнему виду похож на платину, если он выделен из своих соединений; электролитически же осажденный по цвету и характеру блеска аналогичен серебру. Вследствие его чрезвычайно высокой твердости обрабатывается преимущественно шлифованием, причем получаются блестящие белые поверхности. Он очень хрупок, получать его в виде порошка нетрудно. При обычной температуре не окисляется ни на воздухе, ни в кислороде. Плотный, при нагревании на воздухе чернеет вследствие окисления с поверхности. Тонкораспыленный же, нагретый на воздухе, уже при 100° превращается в Ru_2O_3 и RuO_2 (в зависимости от температуры). Кислоты, даже кипящая «царская водка», почти не действуют. Энергично окисляется, переходя в RuO_4 при нагревании с концентрированной HCl и HNO_3 в присутствии избытка KClO_3 . В электрической дуге плавится, испаряясь. В газовую фазу переходит и при прокаливании на воздухе, но при этом улетучивается не металл, а RuO_4 , устойчивая при очень высоких температурах. Особенно интересно одно его свойство: известно, что удельный вес веществ, например, минералов, величина постоянная, изменяющаяся лишь в зависимости от примесей; казалось бы, что у химически чистого металла эта величина также является постоянной, что и подтверждается при

Таблица 2

	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
Атомный номер	44	45	46	76	77	78
Атомный радиус в ангстремах (10^{-8} см)	1,31	1,34	1,37	1,32	1,35	1,38
Атомный вес	101,1	102,91	106,4	190,2	192,2	195,09
Плотность при 20°C	12,30	12,42	11,90	22,7	22,65	21,45
Температура плавления (°C)	2400°	1960°	1555°	2700°	2443°	1769°
Температура кипения (°C)	4200°	3900°	3170°	5300°	4560°	4400°
Твердость по Моосу	6,5	6	4,2—5	7	6,5	4,1
Твердость по Бринеллю ($\text{кг}/\text{мм}^2$)	193,6	55	31,7	—	163	30,5
Кристаллическая структура	Гексагональная	Кубическая	Гексагональная	Кубическая	Кубическая	Кубическая
Предел прочности на разрыв ($\text{кг}/\text{мм}^2$)	6,5	56	18,5	7,0	6,5	14,3

изучении золота, меди и др. Здесь же мы встречаемся с изумительным фактом: удельный вес его изменяется в зависимости от способа его получения. Так, у расплавленного и застывшего он равен 12,30, а у полученного путем восстановления из его солей может быть значительно ниже.

Родий по цвету и облику отдаленно похож на алюминий. Отражательная способность для лучей всех длин волн выше, чем у платины и никеля, но ниже, чем у алюминия. Ковок только после предварительного нагревания до красного каления. Все же он настолько пластичен при комнатной температуре, что при растирании в ступке образует тончайшие листочки, а не порошок. При высокой температуре может быть вытянут в тонкую проволоку. При обычной температуре ни на воздухе, ни в кислороде не изменяется. Только при 100° (или же плавлении) поглощает кислород с образованием Rh_2O_3 , которая при 1150° снова разлагается. Однако тонкий порошок его на воздухе окисляется. В электрической печи его можно дистиллировать.

Чистый компактный родий не растворяется в кислотах, но родиевая чернь растворяется в «царской водке» и в горячей концентрированной серной кислоте, а при доступе воздуха и в соляной. Последняя, насыщенная кислородом, действует и на компактный металл. Образует две модификации: α — низкотемпературная, имеющая решетку простого куба, и β — высокотемпературная, существующая от 1030° до температуры плавления; имеет кубическую гранецентрированную решетку.

Палладий — очень блестящий металл красивого серебристо-белого цвета, промежуточного между цветом платины и серебра. Тончайшие пленки, полученные катодным напылением, на просвет имеют серый цвет. По своим свойствам близок к платине. Плотность равна 11,9, немного тверже платины. Очень ковок и тягуч. Наиболее легкоплавкий из платиноидов (1555°)¹, выше 2000° улетучивается в виде зеленоватых паров. На воздухе не изменяется и сохраняет свой блеск, но при нагревании покрывается синевато-серой пленкой окислов, исчезающей при дальнейшем нагревании, так как образовавшаяся окись PdO разлагается при 860° . Единствен-

¹ По другим авторитетным данным — 1557° .

ный из платиноидов, медленно растворяющийся в HNO_3 , а губчатый и в HCl , не говоря уже о «царской водке». В противоположность серебру невосприимчив к действию сероводорода. Вязкость несколько больше, чем у платины, но способность к вытягиванию — ниже. Перед плавлением размягчается и поддается сварке и ковке. Сильно выражена способность абсорбировать некоторые газы, особенно водород, в связи с чем он в значительной степени проникает в отношении последнего. Интересно, что поглощение не приводит к изменению кристаллической структуры палладия; однако после известного насыщения, в зависимости от температуры, происходит скачкообразное увеличение параметров решетки. Палладий, расплавленный в атмосфере кислорода, подобно серебру при затвердевании разбрызгивается, так как при этом выделяется кислород, поглощенный им в расплавленном состоянии в гораздо большем объеме, чем в твердом виде.

Осмий — красивого серовато-синего цвета с фиолетовым отливом. Обладает наивысшей плотностью среди металлов (22,7) и высокой твердостью: он тверже кварца, но царапается топазом. Выделенный из растворенного сплава его с оловом образует мелкие блестящие агрегаты в виде вороночек, сложенных кубиками или кубо-подобными ромбоэдрами. В порошке слабо окисляется при обычной температуре. При нагревании же издает резкий запах. Слабо ковок, но хрупок и очень слабо тягуч. Только при температуре около 2000° становится мягче. Обладает наивысшей среди платиноидов температурой плавления — порядка 2500° и кипения примерно 5300° . Кислоты на плотный металл не действуют, но в тонком распылении при 120° на него воздействуют кислоты — азотная, соляная, кипящая серная, «царская водка» и некоторые другие.

Иридий — блестящий белый металл с чуть желтоватым до красноватого оттенком. Очень хрупкий и при ударе молотком раскалывается на мелкие кристаллические кусочки с блестящими поверхностями излома. Однако после многократной механической обработки при температуре белого каления он становится настолько ковким, что допускает обработку и в холодном состоянии. Поддается обработке напильником и принимает полировку. При прокаливании на воздухе частично изме-

няется в IrO_2 , приобретая синий оттенок, но при дальнейшем нагревании кислород выделяется и металл принимает первоначальный вид. При очень высокой температуре начинает улетучиваться. В кислотах не растворим, но в «царской водке» растворяется его сплав с платиной, а также и иридиевая чернь.

Платина — серовато-белый блестящий, не очень твердый ковкий металл; в горячем состоянии легко поддается прокатке, сварке, вообще легко обрабатывается. В электрической дуге испаряется. Может абсорбировать значительное количество водорода, особенно платиновая чернь, которая поглощает до 100 объемов. Поглощает кислород и гелий, но меньше; на этом свойстве основано применение ее в качестве переносчика этих газов. Наиболее активна в этом отношении коллоидная платина.

Практически с кислородом не соединяется. В кислотах не растворяется, за исключением «царской водки», с которой образует гексахлорплатиновую кислоту. Слабо воздействует горячая серная кислота.

Щелочи оказывают сильное действие на платину. Так как следы их образуются при плавлении гидроокисей щелочных металлов при доступе воздуха, то едкие щелочи разъедают платину, почему их нельзя плавить в платиновых тиглях.

ВАЖНЕЙШИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТИНЫ И ПЛАТИНОИДОВ

ТРУДНОСТИ, более ста лет назад стоявшие перед человечеством при обработке платины, сейчас для нас не существуют. Металлическую платину и платиноиды человек легко плавит, обрабатывает, и поэтому изготовление из нее тончайших деталей никаких «особых» трудностей не вызывает. Кроме того, люди знают свойства многих тысяч (!) их соединений и сотен их сплавов, детально изученных, что дает возможность подбирать вещество, обладающее необходимыми для данного случая свойствами. Необычайно широкое применение этих металлов обусловлено их исключительной тугоплавкостью,

устойчивостью при высокой температуре, кислотоупорностью и, пожалуй, необычайно высокой каталитической активностью. Области применения их в мировом масштабе наметились более полувека тому назад, но изменяются иногда даже в течение двух-трех лет в зависимости от успехов техники и, конечно, экономической конъюнктуры. Надо, однако, учитывать, что сведения об областях и масштабах применения этих металлов, публикуемые в американских и других справочниках, отнюдь не отражают истинное положение, так как даже сам факт применения одного из этих металлов иногда уже является секретом. Множество фирм и научно-исследовательских учреждений продолжают скрупулезное изучение их сплавов и соединений, одновременно стремясь разрешить две диаметрально противоположные задачи:

1 — найти новые области применения, чтобы добиться еще больших результатов в отдельных производствах и

2 — находить замену этим очень дорогим, а главное, дефицитным материалам, чтобы освободившиеся резервы направить на новые, еще более важные цели. Большое значение имеет правильный выбор платиноидов, что видно из следующих расчетов: платиноиды продаются на вес, причем цены их весьма различны. Нетрудно представить себе, что в аппаратах используется металлическая деталь определенного **объема**, а не **веса**.

Подсчитывая стоимость, учитывают, что, например, палладий по весу дешевле платины в 3,8 раза, но, поскольку удельный вес их различен, выходит, что по объему он дешевле платины в 7 раз. Родий по весу дороже платины на 35%, зато по объему — на 28% дешевле ее. Рутений по весу дешевле платины на 16%, а по объему — в два раза! Замена, например, платины и ее сплавов с иридием на сплавы с палладием значительно удешевляет приборы, однако палладий менее устойчив против коррозии, а его температура плавления существенно отличается от платины, поэтому он далеко не всегда может служить ее полноценным заменителем. Напомню, что для удешевления крупных заводских сосудов из платины, применяются сплавы ее с золотом...

Цены на эти металлы на капиталистическом рынке определяются спросом и количеством «выброшенного» металла, спрос же связан с расширением применения и,

разумеется, с общей экономической конъюнктурой. В последние годы наиболее дешевыми были палладий и рутений: их применение было ограничено — первого из-за меньшей устойчивости, а рутения из-за его редкости и добычи в очень небольшом количестве. В настоящее время поступление их резко возросло вследствие разработки руд Садбери и других месторождений.

Наибольшее промышленное значение имеет платина, затем палладий, а важнейшими областями применения являются электротехника и химия, в частности нефтехимия.

В электротехнике эти металлы используются в установках для сильных токов, для радиотехники, телефонов. Для уменьшения снашиваемости от трения применяют сплавы платины, чаще же рутения с никелем, вольфрамом, бором, молибденом и многими другими металлами; также — сплавы палладия с платиной, иридием, осмием. Электрические сопротивления для потенциометров, особенно точных измерительных и автоматически управляемых приборов применяют, например, сплавы палладия с вольфрамом. Сплав из 76,7% платины с кобальтом или железом — «платинакс» — дает очень сильные магниты постоянного действия. Наоборот, сплавы осмия с иридием при их малой стираемости и высокой твердости немагнитны, а потому используются для игл компасов и деталей часовых механизмов.

Сплавы платины и вольфрама применяются в измерительных приборах, работающих в окислительной среде при 600° и выше. Сплавы платины часто служат антикоррозийными покрытиями деталей, работающих при высокой температуре, а родий и его сплавы применяются для покрытия зеркал прожекторов, рефлекторов и т. п.; его отражательная способность для видимой части спектра почти одинакова с серебром при значительно большей устойчивости.

Аналогичные сплавы с платиной применяются для нагревателей в электрических печах до 1300° — 1500° , но для температур 1800° — 1850° делают обмотку из чистого родия. Термометры сопротивления изготавливаются из сплавов платины. Они позволяют измерять температуры от -200° до $+500^{\circ}\text{C}$ с точностью до сотой градуса! Для другого типа измерителей, термопар применяют сплавы

платины с родием для диапазона 1300° — 1800° и с иридием и 60% родия для диапазона 2000° — 2300° .

В качестве припоев для платиновых (и некоторых других) изделий применяются сплавы платины с 90% золота или же 84% серебра, а для паяния палладиевых изделий — сплав последнего с золотом.

Высокая твердость позволяет изготавливать из платины и ее сплавов фильтры — пластинки с тончайшими отверстиями для получения стеклянного волокна, а также нейлоновой пряжи, применяемой в некоторых случаях для автомобильных покрышек.

Немалое количество особо твердых сплавов иридия с осмием, вольфрамом и кобальтом, рутения с вольфрамом и никелем и очень многих других комбинаций применяются и в настоящее время для изготовления кончиков перьев. Им придают форму полушария, и они не нуждаются в заточке.

Интересно вспомнить, что в конце прошлого столетия их изготовлением занимались (из природных кристаллов иридия) многие десятки английских и других фирм: это было главное использование столь ценного сейчас металла! Из этих же твердых сплавов делают подпятники вращающихся механизмов, призмы (опоры) коромысла в точных весах и т. п.

Следует вспомнить еще две отрасли, некогда одни из важнейших потребителей этих металлов: ювелирное и зубоврачебное дело. Красивый цвет, блеск палладия и различных сплавов платины, в том числе и цветные, делали эти металлы весьма привлекательными и значительное количество их шло на драгоценности.

Так как подобные изделия стоили очень дорого, то для их оформления привлекались лучшие художники мира, по рисункам которых искусные мастера творили чудеса. Но реальная жизнь, развивающиеся химические заводы потребовали столь грандиозные количества платины и палладия — ежегодно многие тонны, — что ювелирам пришлось отступить... Такие же изменения постигли и дантистов. Для протезов и коронок применяли сплавы платины с палладием или с серебром, золотом. Ежегодные потери доходили до 3,5 т только платины! До второй мировой войны эти две отрасли потребляли около 60% годовой добычи платины (особенно в США). Хотя в послевоенные годы потребление их в США и уве-

личилось вдвое, но в процентном отношении упало до 10%: 90% «съели» химия, нефтехимия, электротехническая промышленность, военное дело, космонавтика, атомная техника, производство ядерной энергии, изготовление ракетного топлива и т. д.

Нельзя не упомянуть о наших самых близких «друзьях» — платиновой лабораторной посуде! Ни одна серьезная лабораторная работа не может обойтись без платиновых тиглей, чашек, ложечек, лодочек и т. п. Это поняли еще 200 лет назад, когда в 1779 г. их начали изготавливать несколько фирм. Теперь делают эту посуду не разрушающейся при работе с мышьяком, фосфором и другими «вредными» для платины веществами, а для еще большего упрочнения ее — из сплавов платины с присадкой родия, иридия, рутения и др. или же из палладия и его сплавов. Аналогичная посуда давно применяется на заводах: тигли громадных размеров для плавки оптических стекол, перегонные кубы, реторты, колбы специализированной формы по 20—30 кг весом и т. п. Основой металла обычно является платина, но ее стараются заменить более дешевым, но зато и менее прочным палладием. Присадки: золото, родий, рутений, никель, молибден и др. служат для удешевления.

Экономисты считают, что все же наибольшее количество этих металлов используется как катализаторы, особенно для нефтеочистительной промышленности и изготовления различных синтетических веществ типа смол, пластмасс и т. п. Напомню, что чем в большем измельчении находится металл, тем более активным катализатором он является. В настоящее время широко используется не только платиновая (или иная) чернь, но даже коллоиды, причем удалось получить такие формы коллоидной платины и палладия, которые можно, высушив, перевести в твердое состояние, а при надобности — снова растворить их в воде! Не менее широкое применение получили и сетки, сплетенные из проволоки толщиной от 0,09 до 0,04 мм и тоньше с числом отверстий от 1024 до 3600 отверстий на 1 см². Здесь применяются сплавы платины с 7% родия или же с 3% его плюс 4% палладия. Сетки из сплава платины с иридием лучше выдерживают высокое давление и температуру, но они очень дороги. Катализаторы из сплавов платины с палладием применяются при сжигании газовых смесей, для окисления уг-

леводородов и других целей, а сетки из сплавов: платины с родием, иногда еще с палладием, применяются для окисления аммиака в азотную кислоту; получения бензола. Для этого же и других целей служат иридиевая чернь, осмий.

Вопрос о применении катализаторов в высшей степени сложен: катализ применяется в самых широких масштабах; катализаторов—великое множество, и наша цель лишь подчеркнуть важную роль рассматриваемых металлов в разнообразных отраслях химической промышленности, использующей волшебные свойства этих металлов. Упомяну лишь об одном замечательном типе катализаторов. Представьте себе асбестовую «пушонку», т. е. распущенный до состояния тончайших волокон асбест, причем каждое субмикроскопическое волокно опутано слоем платины. Как изготовить такое чудо?

Принцип простой: волокна асбеста пропитывают хлорплатинатом аммония и прокаливают: хлорплатинат восстанавливается до металла, и каждая пушинка оказывается покрытой платиновой чернью, тончайшим порошком с размерами частиц 20—40 микрон. Такой асбест (делают и палладинированный) имеет, разумеется, чрезвычайно развитую поверхность и обладает рядом замечательных свойств, например, адсорбирует газы, служит для многочисленных реакций окисления, гидрогенизации, для получения серной кислоты контактным способом и т. д.

Рассказывать о применении этих металлов можно до бесконечности; с ними, так сказать, могут состязаться в этом отношении лишь редкие элементы! Одних патентов на применение этих элементов тысячи! Поэтому мы сообщим лишь о некоторых наиболее интересных случаях применения.

Рутений занимает одно из первых мест среди осколочных элементов — продуктов деления ядер «горючего»; во многих государствах детально изучают его свойства, так как при переработке продуктов атомных реакторов отделение рутения от урана и от плутония представляет очень сложную задачу.

Палладий в связи со способностью растворять и поглощать значительный объем водорода применяется в вакуумной технике. Его покрытия (антикоррозийные)

отличаются прочностью, применяется он также при изготовлении самых точных разновесов и аналитических весов, деталей астрономических приборов, сосудов для разделения изотопов водорода, водородных генераторов в тиаратронах, в диализаторах для очистки газов.

Из платины изготавливают эталоны мер и весов, катоды и антикатоды рентгеновских и некоторых аналогичных трубок, медицинские инструменты.

Оsmий применяется только в сплавах. Ангидрит осмевой кислоты — в гистологических лабораториях для обработки микроскопических препаратов.

Иридий в виде фольги используется в некоторых катодах, двуокись иридия — черная краска для фарфора.

КАКИМИ ЖЕ ЗАПАСАМИ ПЛАТИНЫ РАСПОЛАГАЕТ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО?

ТАКИЕ СВЕДЕНИЯ — ориентировочные, как говорят: «оценка» — можно почерпнуть из геологоминералогических описаний месторождений, из статей в газетах и геологических журналах, из биржевых сообщений и т. д. Общие запасы этих металлов (достоверные и вероятные) оцениваются на 1971 г.¹ в 906 т, в том числе: платины 525 т, палладия — 272, иридия, осмия и рутения — 109 т. Возможно, что эти данные несколько преуменьшены; так, например, некоторые журналы США, ЮАР и других стран приводят большие цифры; для ЮАР — 6200 т, Канады — 498, США — 98 и Колумбии — 156 т.

Действительно, ЮАР располагает грандиозным платиновым поясом — «рифом Меренского» (или «Главным горизонтом»). Запасы в ЮАР составляют 622 тыс. кг, из них платины 373 тыс. кг, палладия — 187 тыс. т и прочих — 62 тыс. т. Сейчас извлекают платину, заключенную в сульфидах, содержание которых в рудном теле порядка 2—3%, а платиноидов от 3—9 г/т до 15 г/т.

¹ Минеральные ресурсы капиталистических и развивающихся стран. Годовой обзор. М., 1971.

Однако, кроме геологических факторов, «там» действуют также экономические и биржевые: например, несколько лет назад риф Меренского разрабатывали пять-шесть небольших рудников, которые затем были «съедены» и закрыты компанией «Растенбург» и двумя другими только из-за политики цен на мировом рынке. Соотношение металлов здесь такое: платины — 63%, палладия — 24, рутения — 5, родия и осмия — 3, иридия и золота — по 1%. Кроме сульфидных руд, практический интерес здесь представляют тела дунитов с рассеянной в них платиной при содержании ее 3—18 г/т и выше (даже до 30 г/т). Такое богатство недр ставит ЮАР на первое место в капиталистическом мире и по добыче этих металлов, причем она ежегодно возрастает примерно на 20%. Интересно отметить, что окончательная очистка добытых металлов завершается на заводах в Великобритании, имеющей агентства по всему миру.

Вторым важным продуцентом является Канада, где платиноиды сосредоточены в медно-никелевых рудах Садбери. Содержание металла в среднем 0,8 г/т, причем преобладает палладий — 45,9%, платины — 44% плюс некоторое количество рутения. Есть и другие небольшие месторождения.

В США эти металлы добываются преимущественно из россыпей Аляски на побережьях Берингова моря и в штатах Калифорния, Орегон и других районах.

Роль некогда «гревевшей» Колумбии теперь весьма скромная; небольшие запасы платиновых минералов сосредоточены в аллювиальных и террасовых россыпях нескольких рек и сопровождаются другими ценными минералами, местами попутно извлекаемыми: хромитом, ильменитом, редкометальными. Содержание в обогащенных участках россыпей до 15 г/т, а на дражных полигонах не превышает 0,1 г/м³. Преобладает платина — 95%. Незначительное количество поступает из Японии, Эфиопии и из других стран.

Здесь приведены важнейшие продуценты, причем некоторые данные получены в результате оценки. Обращает на себя внимание бурный рост добычи в ЮАР, где к 1973 г. ожидается добыча 50 тыс. кг. В то же время в странах со слабо развитой техникой добыча —

преимущественно из россыпей — в течение долгих лет почти не возрастают.

Таблица 3
ДОБЫЧА МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ (кг)

	1937 г.	1965 г.	1969 г.
Всего¹	11300	39001	44000
В том числе платина	6550	22688	29371
палладий	4000		
Африка			
Эфиопия		8	8
платина			
ЮАР		23325	34210
В том числе платина		15200	24600
Америка			
Канада		14061	8276
В том числе платина		6700	4000
Колумбия			
платина	912	346	369
США		1089	933
В том числе платина		354	300
Азия			
Япония		168,5	200
В том числе платина		76,7	90
Австралия и			
Океания			
платина		3,8	3,8

¹ Без СССР.

Таким образом, природные запасы платиновых металлов распределены чрезвычайно неравномерно, а так как ни одно государство не в состоянии обходиться без нее, то это обстоятельство обуславливает перераспределение их в широких масштабах путем экспортно-импортных операций. Например, Япония, один из крупнейших потребителей этих металлов, ежегодно импортирует порядка 7—8 тыс. кг, в том числе из стран, не имеющих

своих месторождений: Нидерландов, Великобритании и других. Любопытно отметить, что США, добывающие порядка 300—350 кг платины, экспортируют в Японию 500—550 кг и импортируют около 4 тыс. кг ее ежегодно!

Потребление палладия, 60% которого используется электротехникой и электронной промышленностью, также энергично растет с каждым годом. Основные потребители его — США и ФРГ; первые, например, за 9 месяцев 1969 г. использовали свыше 16 тыс. кг его, а ФРГ — свыше 10 тыс. кг. И все же предложение пре-вышало спрос. Емкость рынка зависит не только от степени процветания отраслей промышленности, потребляющих платиновые металлы, но и от характера их развития. Например, в том же 1969 г. нефтеперерабатывающая промышленность значительно снизила потребление платины вследствие замены на ряде крупнейших предприятий очень дорогих платиновых катализаторов — рениево-платиновыми, значительно более дешевыми. Но уже сейчас раздаются голоса, указывающие, что в конечном результате первые были выгоднее.

Подобных случаев — множество; они «лихорадят» биржу и вызывают резкие колебания цен, в конечном результате крайне отрицательно отражающихся на поисковых, разведочных и горнопромышленных работах. Например, в 1969 г., в первом полугодии 1 г платины стоил 9 долларов, к декабрю цена упала до 5,6 доллара, а к началу 1970 г. еще раз снизилась примерно до 4 долларов. Так на бирже цены на палладий понижались в течение года четыре (!) раза.

Такая же картина наблюдается и в отношении других платиноидов, и только на рутений цены оставались почти стабильными.

Самородки платины Платина, как и золото, встречается в природе также в виде самородков. Размеры их, выраженные в граммах, совершенно условные: обычно кусочки их весом 10—15 г уже называют «самородочками», но правильно относить к ним экземпляры не менее 200—250 г. Такие самородки не поступают на аффинажный завод: их отсылают в Москву для изучения в специальной лаборатории, а затем для демонстрации на выставке Алмазного фонда СССР. Самородки золота — очень большая редкость:

подсчеты, очень приблизительные, дают цифру порядка 10 тыс. экземпляров, найденных за 6—10 тыс. лет добычи золота. Платиновые же самородки встречаются гораздо реже и никогда не достигают гигантских размеров золотых. Так, за весь период разработки южноамериканских месторождений испанцами — 240 лет, а у нас уральских — 150 лет крупных самородков весом свыше 1 кг было добыто вряд ли больше 150—200 штук. Правда, нам почти ничего конкретно неизвестно о самородках Бразилии, Колумбии, Эквадора, Эфиопии и других районов; ни в европейской, ни в южноамериканской литературе почти нет указаний на этот счет, но, судя по порошковидному характеру поступавшей оттуда платины, трудно предположить вероятность нахождения на этих месторождениях крупных самородков, иначе как образований совершенно исключительной редкости; самородочки весом 200—300 г и то отмечались нечасто¹. По этой причине мы остановимся только на самородках Урала.

В отличие от золота, самородки которого, извлеченные из коренных залежей, исчисляются единицами, относительно крупные выделения платины (до десятков граммов) многократно встречались в дунитах, реже в пироксенитах. Например, готовясь к встрече геологов XVII Международного геологического конгресса в 1937 г., уральские геологи подготовили и расчистили стенку дунитового обнажения с десятками включений платины: картина была исключительно эффектна! Это обнажение, редкость из редкостей, располагалось на склоне знаменитой своими богатствами Соловьевской горы близ Нижнего Тагила. Превосходную коллекцию крупнейших самородков платины вы можете увидеть на выставке Алмазного фонда СССР. Из имеющихся в фондах самородков выставлено 20 штук общим весом свыше 54,6 кг! Наибольший из них — 7,8606 кг — почти не окатан.

Эта единственная в мире коллекция дает полное представление об их облике, форме. Природа подарила их нам из россыпей, демонстративно подчеркнув чрезвычайную их редкость: эти два десятка самородков выде-

¹ В прошлом веке в коллекцию Горного института (в С.-Петербурге) поступил из Чоко (Колумбия) самородок весом 1160,38 г.

лились из миллионов кубических метров дунитов, разрушенных выветриванием. Вспомним, что колоссальное количество платины (пока недоступной) в тончайшем распылении заключено в самой толще дунитов, пироксенитов, перидотитов и даже частично во вмещающих их габбро.

Как образовались самородки? Этот вопрос — один из ярких примеров, когда строятся гипотезы, взаимно исключающие одна другую. Многие годы считалось очевидным, что металл, температура плавления которого исключительно высока и выделения которого заключены в толще магматической породы, бесспорно, выделился в расплавленном виде из магмы в период ее кристаллизации.

Однако еще десятилетия назад ряд крупнейших научных привели не менее обоснованные доводы в пользу низкотемпературного генезиса выделений платины: из гидротермальных вод, т. е. из растворов. И в современной специальной литературе мы встречаем немало сторонников этой гипотезы. Вопрос — крайне интересный не только с научной, но и с практической точки зрения.

Самородки большей частью являются поликсенами различного состава, но имеются и иные разности железистой платины. Самородки платиноидов (осмистого иридия и палладия) еще более редки и очень небольших размеров.

Некоторые самородки обладают полярным магнетизмом. В отличие от самородков золота, изменения платиновых самородков выражаются лишь в небольшом механическом истирании и шлифовании. Какие-либо наклепы, заусеницы, бесчисленные царапины, погнутости, столь типичные для золота, у платины отсутствуют либо крайне редки благодаря значительной твердости. Форма, мы бы сказали, стандартная для них — комковатая, полностью лишенная причудливых очертаний, выступов, отпечатков крупных кристаллов и т. п., словом, всего того разнообразия форм, которое придает коллекции самородков золота удивительно красочный, яркий облик.

Поверхность неокатанных обычно зернистая, со множеством отпечатков мелких кристалликов породообразующих минералов материнской породы. Такая шагреневая поверхность сохранилась у многих самородков

Алмазного фонда. У некоторых, особенно крупных, путь которых в россыпи из-за громадного веса был не длинен, даже сохранились в отпечатках-углублениях, зажатые металлом микроосколки минералов, чудом уцелевшие после жестокой очистки, которой в старину подвергали все самородки.

Цвет таких крупных «шагреневых» самородков гораздо темнее, чем сильно окатанных, гладких, блестящих, цвет которых приближается к цвету свежего среза свинца.

Хотя судя по поверхности (и весу!) создается впечатление о необычайно плотной, сплошной массе, на самом деле оказывается, как показали некоторые распилы, что в этой массе изредка заключены порфировидные вкрапленники зерен хромистого железняка, а также и мелкие полости. В литературе указывается, что при растворении некоторых самородков в «царской водке» получается легкий скелет кремнезема, обычно сохраняющий форму самородка.

Нельзя ли выяснить закономерности в размещении крупных выделений, каких-либо концентраций в дунитовых массивах? Оказывается, какие-то зоны намечаются. Самым известным пунктом с обильными, относительно крупными, выделениями платины была уже упоминавшаяся Соловьевская гора. Все примыкавшие к ним речки, логи были «заражены» платиной. В течение минувших 150 лет их, казалось бы, полностью выработали; но огромные отвалы от старинных работ многократно перемывались, причем все совершенствующаяся техника каждый раз давала металл. Выяснилось, что крупные самородки действительно были приурочены к определенным зонам, но что они собой представляли — установить не удалось: еще тысячелетия назад экзогенные процессы, разрушившие приповерхностные толщи дунитов, свалили в кучу все самородки, в россыпи, порожденные этой горой: 1-й Мартыновский прииск, Александровский, Сухой, Сырков, Рублевик и многие другие. В 1827—1830 гг. были добыты крупнейшие самородки, в том числе и наибольший — 9635 г. Некоторые авторы указывают, что только 1-й Мартыновский в эти два-три года дал 3384 самородка, из которых 3340 штук были весом от 4 до 100 г; 24 штуки — от 100 до 200 г; 14 — от 200 до 400 г; 3 штуки весили 665,5 г, 703,5 г и

763,6 г и 2 штуки — 1539,9 г и 1467,4 г. Несколько позже здесь же были «обретены» великаны: 2371,2 г, 3404,1 г, 5562,6 г и 8325,2 г.

Изумительные самородки дал соседний прииск, Сырков лог. Кроме упоминавшегося гиганта, добытого в 1843 г. (и незаконно переплавленного), отсюда происходят самородки: 5408,9 г, 2866,6 г и, по-видимому, великолепный, детально описанный еще в 1859 г., весом 6552,2 г, находящийся в Венском музее, а также: 51104 г, 4504,6 г, 4095,1 г и другие. Из некогда богатейшего соседнего Авроринского прииска в первые годы было извлечено около десятка самородков весом от 2,5 кг до 6,2 кг.

Прииски были частные, облагались прогрессивным налогом, владельцы их утаивали не менее $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ части добычи, в первую очередь, разумеется, компактные, портативные самородки, которые к тому же должны были сдаваться в Горный институт¹. Сырков и соседний Александровский лог дали, кроме замечательных самородков, также и великолепные кристаллы платины, т. е. еще большую редкость!

Желающим ознакомиться подробнее с самородками, рекомендую монографию Н. К. Высоцкого.

Примечательно, что россыпи соседнего, Исовского района, давшие сотни пудов платины, содержали очень небольшое число самородков, однако среди них были гиганты. Вот наиболее выдающиеся. Так, россыпь по реке Мал. Покапа дала самородки весом 2265,1 и 1953,7 г; рядом протекавшая река Мал. Простокишенка дала несколько штук от 200 до 500 г. Особенно же повезло «искателям», которые в августе 1904 г. принесли в контору приисков два самородка, один весом 8395 г является вторым по величине из добытых на Урале (вернее: вообще когда-либо на Земле найденных!) и величайшим из существующих в настоящее время на Земле — этот самородок выставлен на выставке Алмазного фонда СССР. Он совершенно окатан, очень плотного, сплошного строения, светло-серого цвета, плотность — 18,06. Второй — 3895 г! Его форма напоминает сигару, плотность — 18,13. К сожалению, указанное старателями ме-

¹ См. В. И. Соболевский. Благородные металлы. Золото. М., «Знание», 1970, стр. 34.

стонахождение их вызывает большое сомнение. Пески состояли из неокатанных кусков змеевика и дунита, слагающего весь увал — Вересовый бор, пишет современник.

Следовательно, россыпь была элювиальная, образовавшаяся на месте, сложенная неокатанными кусками очень хрупких пород. Каким же образом прочнейший металл оказался так сильно окатан? В конторе прииска также усомнились в правильности указанного местонахождения. Интересно, что тагильские крупные самородки почти «свеженькие», исовские же «безжалостно» окатаны: или путь их по логам и долинам был несравненно длиннее, или же они перекатывались в русле чрезвычайно продолжительное время.

Какие же выводы можем мы сделать на основании предварительного, пока беглого изучения, так сказать, «отборных» самородков платины, красующихся на выставке Алмазного фонда. По меткому выражению академика В. И. Вернадского, «в коренных месторождениях платины металл постоянно образует цемент в некоторых участках породы, располагаясь в виде губчатой массы среди породообразующих силикатов»¹. Начнем с наиболее сохранившегося, почти не окатанного гиганта: 7860,5 г! Очертания его приближаются к округлым, строение — комковатое, губчатое, с многочисленными полостями до 10—15 мм в поперечнике и примерно до такой же глубины. Сложение — зернисто-кристаллическое, с многочисленными отпечатками кристалликов, вмешавших породообразующие минералы, что в целом обусловливает характерную шагреневую поверхность. Внутренняя поверхность почти у всех углублений также шагреневая, с отпечатками кристалликов минералов, слагавших материнскую породу. Таким образом, высказывание В. И. Вернадского об этом самородке, да и о других его слабо окатанных соседях, безусловно, подтверждается. Прочие самородки, если их разложить в порядке возрастания степени окатанности (т. е. механического истирания, срезания металла с поверхности самородка), дают интересную и поучительную картину: у каждого самородка имеется плотная центральная часть, постепенно переходящая к периферии в более или менее

¹ В. И. Вернадский. Избр. соч., т. II, стр. 91.

губчатую, пористую. Разумеется, последующее углубленное изучение многочисленных самородков платины, с изготовлением шлифов для микроскопа, с применением микроанализатора и т. д., даст материал для познания основного вопроса: что же, собственно говоря, представляют собой самородки платины? Как, в каких условиях они возникли? Ни в одной стране, кроме нашей, нет материала, который дал бы возможность выяснить этот важный вопрос.

Одновременно с платиной постоянно встречается и некоторое количество золота, происходящего из тех же пород. Интересно рассматривать такую отмывку: угловатые, неокатанные твердые кристаллические зернышки платины и одновременно мелкие, пластинчатые золотинки, давленные, с наклепами. Удары валунов, истирающее действие песка веками воздействовали на оба металла одинаково, но реакция их была совершенно различная!

В заключение о «самородке платины весом 57 кг», модель которого одно время фигурировала на различных выставках, даже в музеях. Никогда такого самородка в природе не существовало, а розыграна была история с ним в конце прошлого века из коммерческих соображений, чтобы показать «сказочные богатства» одного уральского прииска, намеченного к продаже.

ЛИТЕРАТУРА

- А. Г. Бетехтин. Платина и другие минералы платиновой группы. М., АН СССР, 1935.
- П. Вагнер. Платиновые месторождения Южной Африки. М., Цветметиздат, 1932.
- П. Винклер. Из истории монетного дела в России.—«Горный журнал», 1893, III кн. стр. 579—611.
- Н. К. Высоцкий. Месторождения платины Исовского и Нижне-Тагильского районов на Урале. Труды Геолог. Комитета, 1913, вып. 62.
- Н. К. Высоцкий. Платина и районы ее добычи. Ч. I—5. М., Комиссия естеств. производ. сил. АН СССР, 1923—1933.
- Генезис эндогенных рудных месторождений. Сб. под ред. акад. В. И. Смирнова. М., «Недра», 1968.
- А. Д. Генкин. Минералы платиновых металлов и их ассоциации в медно-никелевых рудах Норильского месторождения.
- С. Гинзбург, Гладышевская К. и др. Руководство по химическому анализу платиновых металлов и золота. М., «Наука», 1965.
- А. А. Горюнов. Рутений и осмий. Библиографический указатель литературы 1804—1960 гг. М., АН СССР, 1960.
- О. Е. Звягинцев. История уральской платины. М., Труды ин-та истории естеств. и техники, 1955, т. 6, стр. 160—204.
- О. Е. Звягинцев. К столетию русской платины. — «Изв. ин-та по изучению платины», № 5, стр. 5—22.
- О. Е. Звягинцев, Н. И. Колбин, А. Н. Рябов и др. Химия рутения. М., АН СССР, 1965.
- Н. Р. Мамышев. Краткое описание обретения платины в Сибири. Горный журнал, 1827, I кн.
- Основы металлургии. Т. 5. М., «Металлургия», 1968, стр. 322—372.
- В. И. Соболевский. Золото. М., «Знание», 1969.
- И. А. Федоров. Родий. М., «Наука», 1966.
- О. Е. Юшко-Захарова, В. В. Иванов и др. Геохимия, минералогия и методы определения элементов группы платины. М., «Недра», 1970.
- Б. С. Якоби. О платине и употреблении ее в виде монеты. С.-Петербург, 1869.

С О Д Е Р Ж А И Е

НЕМНОГО ИЗ ИСТОРИИ	3
ПЛАТИНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И В КОСМОСЕ	19
МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНЫ И ПЛАТИНОИДОВ	22
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ	29
КАК ИЗВЛЕКАЮТ МЕТАЛЛЫ ГРУППЫ ПЛАТИНЫ	39
ЧТО ТАКОЕ ПЛАТИНОИДЫ? КАКОВЫ ИХ СВОЙСТВА?	41
ВАЖНЕЙШИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТИНЫ И ПЛАТИНОИДОВ	46
КАКИМИ ЖЕ ЗАПАСАМИ ПЛАТИНЫ РАСПОЛАГАЕТ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО?	52
ЛИТЕРАТУРА	62

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ **(платина)**

*Виталий Ипполитович СОБОЛЕВСКИЙ
Александр Дмитриевич ГЕНКИН*

Редактор *Н. Косаковская*. Обложка *М. Дорохова*.
Худож. редактор *Т. Добровольнова*. Техн. редактор
А. Красавина. Корректор *Н. Мелешкина*

А 10218. Индекс заказа 36006. Сдано в набор 9/III 1973 г. Подписано к печати 24/V 1973 г. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 3.
Бум. л. 1. Печ. л. 2. Усл.-печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,22. Тираж 44 850 экз.
Издательство «Знание» .101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 3/4.
Заказ 457. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр,
Новая пл., д. 3/4.
Цена 10 коп.

10 коп.

Индекс 70076