ВТОРОЙ ОТДЕЛ

М. ГОЛЬДШМИДТ и К. ПЕТЕРС[1]

К ГЕОХИМИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Для систематического исследования происхождения и характера распространения брагородных металлов в минералах, рудах и горных породах пришлось прежде всего вырабатывать методы аналитических исследований, которые позволили бы определять очень малые количества благородных металлов быстро и с достаточной точностью, но не в виде общей суммы благородных металлов, а каждого в отдельности.

Под именем „благородных металлов" мы понимаем следующие две группы химических элементов, являющихся соседями в отношении своих порядковых номеров.

Элемент	Порядковый номер	Элемент	Порядковый номер
Рутений	44	Осмий	76
Родий	45	Иридий	77
Палладий	46	Платина	78
Серебро	47	Золото	79

Стояла следующая аналитическая задача: определить эти 8 элементов при совместном присутствии в материалах, где содержание каждого из них определялось величиной порядка 0.0001%, причем это число должно быть установлено в навеске исследуемого минерала не превышающей 0.5 г. Это необходимо для того, чтобы исследовать такие минералы и метеориты, которые можно иметь лишь в незначительных количествах, с другой стороны, было желательно работать с возможно меньшими коли-

[1] Перевод статьи V. M. Goldschmidt und Cl. Peters. Zur Ceochemie der Edelmetalle. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Götingen. Mat. Phys. Klasse, 1932, 377—401; датировано 27 мая 1932 г.

чествами реагентов, потому что необходимо быть уверенным в особенной чистоте всех вспомогательных веществ.

Для определения малых и очень малых количеств золота и серебра применяют микро-докимастический метод, разработанный Ф. Габером и его сотрудниками в известных исследованиях содержания золота в морской воде. Этот способ был применен для определения тех же элементов в минералах и породах Г. Люнде и Иенсен в Минералогическом институте Университета в Осло. При этом оказалось, что этот метод позволяет определять и малые количества металлов платиновой группы. Г. Люнде и Иенсен нашли металлы платиновой группы в норвежских породах и минералах, в том числе и в оливинах, и тем самым установили генетическую связь с ними.[1] Позднее с этой же целью по нашему поручению М. Иенсен-Хост сделала большое количество определений; из них прежде всего в части имеющихся метеоритов.[2]

Для определения отдельных благородных металлов, в том числе платиновых, во многих случаях применялся рентгеноспектроскопический анализ. Для анализа брали около 0.5 г, в которых содержание благородных металлов было порядка 1 г на тонну, что составляет около 0.5 γ в анализируемой навеске (один $\gamma = 0.001$ мг). Для рентгеноспектрографического анализа минимальное содержание в общем не должно быть меньше 0.1 вес. %. Таким образом нам необходимо было сконцентрировать благородные металлы из навески 0.5 г до 0.5 мг. Это было вполне достижимо посредством микро-докимастичного метода, при котором получается свинцовый королек около 0.5 мг весом, содержащий в себе все благородные металлы. Однако свинец оказался плохим носителем (средой) для благородных металлов в этом случае, так как имеет низкую температуру плавления и высокую поглощающую способность для рентгеновых лучей. Условия для получения линий поглощения рентгеновых лучей L—серии для свинца и для благородных металлов противоположны; чтобы избежать этого, в Институте в Осло к пробе прибавлялось 1—2 мг серебра и, таким образом, в качестве носителя служило серебро. Но таким способом исключалась возможность делать определение серебра.

Сочетая химический анализ мокрым путем с применением рентгеноспектроскопии И. в В. Ноддак[3] произвели большое число определений платиновых металлов и других редких элементов в минералах и породах и этим значительно расширили наши познания о происхождении платиновых металлов.

[1] G. Lunde. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., **161**, 1927, 1; G. Lunde und M. Jonson. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., **172**, 1928, 167. G. Lunde. Mikrochemie, **5**, 1927, 16; **5**, 1927, 102.

[2] V. M. Goldschmidt. Proc. Royal Inst. Gr. Brit., 1929; Naturwissenschaften, **18**, 1930, 999.

[3] I. u. W. Noddack. Naturwissenschaften, **18**, 1930, 757; Ztschr. f. phys. Chem., **154**, 1931, 207; Ztschr. f. phys. Chem., Bodenstein-Festband, 1931, 890.

Оптический спектральный анализ был применен для определения благородных металлов в минералах и рудах Шнейдергёном и Морицем,[1] и служил для получения снимков искровых спектров материалов в форме водного раствора. Этим способом велись многочисленные определения в рудах и минералах южно-африканских платиновых месторождений.

Ни один из названных методов не дает возможности определить благородные металлы с достаточной степенью точности, без применения химического разделения в водных растворах и без большой потери времени. Так при применении снимков искровых спектров водных растворов нельзя определить точно осмий.[2] При микродокимастическом методе осмий и часть рутения теряются при окончательной купеляции свинцового королька.

Гораздо лучше вести определения благородных металлов в дуговых спектрах. Тогда исследование этого рода даже в присутствии других элементов значительно облегчается, особенно, если применять усиление линий спектра на катоде вольтовой дуги. Для этой цели сначала было изучено испарение сырых минералов, руд и пород в кратере угля вольтовой дуги. Это, однако, не привело к совсем удачным результатам: определения серебра при содержании его более 0.5 г на тонну, удавались; золота, рутения, родия и палладия — удавались с меньшей чувствительностью. Для осмия, иридия и платины — определения не удавались, так как концентрация этих элементов в минералах и породах обычно ниже, чем чувствительность для хорошего определения в дуговых спектрах.

Следующая таблица дает границы чувствительности определения благородных металлов в дуговых спектрах, где металлы находятся в кварце или окиси алюминия.

Ag	0.0001	вес. %	или	1 г/т
Au, Ru, Rh, Pd . . .	0.0001	„	„	10 „
Pt	0.005	„	„	50 „
Ir, Os	0.01	„	„	100 „

Отсюда ясно, что необходимо вести обогащение благородными металлами с применением такого носителя их, который при внесении в вольтову дугу возможно быстрее испарялся бы и оставлял после себя одни определяемые элементы. Свинец в этом случае оказывается превосходным носителем и дает возможность применять в качестве метода обогащения микродокимастические приемы с последующим анализом другого спектра свинцового королька. Во всех до сих пор применявшихся микродокимастических методах определения платиновых металлов применялось полное удаление свинца из королька путем окисления. Это

1 H. Schneiderhöhn und H. Moritz. Festschrift der Platinschmelze G. Siebert G. m. b. H. Nanau, 1931,257; H. Schneiderhöhn. Chemie der Erde, 4, 1929. 252.

2 При употреблении навески в 10 г граница чувствительности определения осмия 0.001%, т. е. 100 γ осмия.

не рационально, так как в последней стадии купелляции происходит большая потеря осмия и рутения. Потеря рутения при этом часто может быть замечена по образованию темнокоричневого шлака. Далее трудно избежать потерь серебра, если в присутствии большого количества платиновых металлов выжигать до конца свинец. В новом способе полное удаление свинца оставлено, дабы избежать потерь благородных металлов. Спектральный анализ в вольтовой дуге производится над свинцовым корольком весом около 30 мг.

Подобный же способ был описан В. Гейльманом.[1] Он состоял в применении микродокимастического приема исследования с последующим фотографированием дугового спектра. Обогащение королька золотом и платиной производилось по микродокимастическому способу собиранием в серебряный сплав в 10 мг весом. Серебро вводилось предварительно в навеску исходного материала. Предельное определяемое количество золота было 0.1 γ и платины 1 γ.

Ход анализа, разработанный нами, заключается в следующем. Обогащение благородным металлом ведется по способу, описанному Люнде и Иенсен (цит. соч.). Анализируемое вещество сплавлялось с щелочным сплавом, куда прибавлялся уксуснокислый свинец и после этого все благородные металлы собирались в образующийся королек. Применявшиеся для сплавления материалы (2 г уксуснокислого свинца, 4 г углекислого калия-натрия, 1 г кварцевого порошка и 3 г буры), предварительно опробывались на чистоту. Те реагенты, которые брались для анализа, не содержали золота и металлов платиновой группы в количестве, обнаруживаемом нашим методом. Содержание серебра было не более 0.5 г на тонну и принималось во внимание при вычислении анализа. Плавление производилось в неглазированных фарфоровых тиглях Государственной фарфоровой мануфактуры, для купеллирования — фарфоровые лодочки. Видоизменения обычного способа в случаях трудноплавких веществ, например хромита, заключались в прибавке двойных количеств плавней.

При анализе железных метеоритов, мелко-измельченное железо (0.5 г) сначала переводилось в сульфид, путем сплавления с избытком серы; сульфид прокаливался и сплавлялся со щелочью, кварцем, бурой и уксуснокислым свинцом. Таким путем оказывалось возможным заставить прореагировать все никкелистое железо.

Полученный свинцовый королек, весом около 0.8—0.9 г купеллировался и доводился до диаметра 1.5—2 мм. Это зернышко далее служило объектом спектрального анализа.

В качестве электродов служили спектральные угли, которые освобождались от примесей нагреванием в азоте с небольшой примесью во-

[1] W. Geilmann. Spektroanalitischer Nachweis von Gold und Platin in Mineralien. Mitt. d. Hanov. Hochschulgemeinschaft, Heft 12, 1930, 96.

дорода при температуре 2800°. В катоде было сделано углубление, диаметром 2 мм и 2 мм глубиной, для свинцового королька. Применялся постоянный ток напряжением 220 вольт; рабочий ток был 10—13 ампер. Процесс испарения фотографировался на 7 последовательных снимках с выдержкой в 20 сек. каждый и с промежутками около 5 сек. Оказалось, что элементы испаряются в общем порядке возрастающих температур кипения и соответственно этому меняется спектр излучения.

Это фракционивованное испарение изображено на следующей схеме:

Секунды									
0— 20	Pb,	Ag							
25— 45	Pb,	Ag,	Au						
06— 70		Ag,	Au,	Pd					
75— 95				Pd,	Ru,	Rh,	Pt		
100—120				Pd,	Ru,	Rh,	Pt,	Ir	
125—145					Ru,	Rh,	Pt,	Ir,	Os
150—170						Rh,	Pt,	Ir,	Os

Интенсивность линий измерялась у катода. Палладий, рутений и родий дают многочисленные и сильные линии главным образом у катода. Серебро одно дает очень сильные линии у катода, которые очень ясно заметны; однако, если серебро испаряется в присутствии избытка свинца, то эффект значительно ослабляется присутствием большого числа ионов свинца.

Для того, чтобы выяснить влияние избытка свинца в корольке на определение благородных металлов и относительную интенсивность их линий, был сделан следующий опыт. Три свинцовых королька с равным содержанием 8 благородных металлов, весом 41.8 мг, 23.0 мг, 8.9 мг, были внесены в вольтову дугу. Они не показали разницы в относительной интенсивности линий благородных металлов. Для практических аналитических целей достаточно, что бы корольки были в пределах указанных границ; о их величине можно судить по их диаметру: 26 взвешенных корольков показали вес между 20 и 35 мг.

Для установки шкалы для количественных определений в спектрах, которая давала бы точность в десятую долю процента, были составлены искусственные смеси следующим образом. К свободному от благородных металлов кварцу, в различных степенях измельчения, прибавлялось серебро, золото и платиновые металлы, причем для дальнейшего разбавления прибавлялся еще кварц с расчетом получения десятых долей процента. Серебро и золото взвешивалось в виде хлористых, родий и иридий в виде трихлоридов, рутений, осмий, палладий и платина

в тонком металлическом порошке. Из этой смеси с прибавкой 0.5 г уксуснокислого свинца выплавлялся королек весом около 30 мг и последний вносился в вольтову дугу.

Чувствительность спектральных определений была для родия, палладия, серебра, платины и золота более высокая. Эти элементы, могли быть определены при содержании в 10^{-5}%, или при содержании в кварце 0.1 г на тонну; при серебре чувствительность еще выше. Несколько меньшая чувствительность для рутения (0.5 г на тонну), осмия (5 г на тонну) и иридия (1 г на тонну).

Проверка была также произведена опытами со стандартными сплавами со свинцом с таким же содержанием благородных металлов. Здесь было произведено последовательное разбавление сплавов сплавлением с чистым свинцом. Оказалось, что интенсивность спектральных линий благородных металлов соответствует интенсивности линий, полученных из навесок с кварцем и исчезает при содержании 5.10^{-5}%. Определение $1 \cdot 10^{-5}$% не могло быть произведено, в то время, как при концентрации $2 \cdot 10^{-5}$% металлы родий, палладий, серебро, платина и золото были вполне определимы.

Вполне вероятно, что при таких малых содержаниях благородных металлов, как 10^{-5}%, в сплаве, выплавленном из искусственной смеси, получается бо́льшая равномерность, чем в сплаве металлов.

При количестве исходного материала в 0.5 г были определены следующие количества благородных металлов.

Серебро	< 0.1 γ
Родий, палладий, платина и золото около	0.1 γ
Рутений	0.25 γ
Осмий	2.0 γ
Иридий	0.5 γ

В следующих таблицах даны интенсивности спектральных линий, которые применялись для анализов. Работа велась в области от 2600 до 3700 ÅE с Хильгеровским спектрографом EI с кварцевой оптикой.

Осмий

λ	10^{-1}%	10^{-2}%	10^{-3}%	$5 \cdot 10^{-4}$%	10^{-4}%	$5 \cdot 10^{-5}$%	$2 \cdot 10^{-5}$%	Слепой опыт
2909.08	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—
3018.04	„	„	—	—	—	—	—	—
3058.66	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—
3156.25	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—	—
3232.06	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—

Линия 3058.66 применима для сравнений

Рутений

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-5}$ %	$2 \cdot 10^{-5}$ %	Слепой опыт
3089.14	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—
3316.38	„	—	—	—	—	—	—	—
3339.55	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—
3417.35	Сильн.	„	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3436.74	„	Сильн.	„	„	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3498.95	Совпадает с 3498.73 Родия							
3593.03	Сильн.	Сильн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3596.17	Совпадает с 3596.19 Родия							

Использовались линии 3436.74 и 3593.03

Серебро

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-5}$ %	$2 \cdot 10^{-5}$ %	Слепой опыт
3383.89	Оч. сильн.	Сильн.	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Слаб	Оч. слаб.
3280.67	„	Оч. сильн.	„	Сильн.	„	Средн.	„	„
2934.2	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—	—
2873.54	Совпадает с 2883.31 свинца							
2824.4		„ „ 2823.2	„					
2721.77	Слаб.	Оч. слаб	—	—	—	—	—	—

Для количественных сравнений пригодны только линии 3383.89 и 3280.67

Золото

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-6}$ %	$2 \cdot 16^{-5}$ %	Слепой опыт
3122.79	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3029.19	„	„	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—
2918.4	Слаб.	—	—	—	—	—	—	—
2802.2	Совпадает с 2802.1 свинца							
2748.26	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
2675.95	Оч. сильн.	Сильн.	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—
2641.50	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—

Линия 2675.95 применима для определения золота

Родий

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-5}$ %	$2 \cdot 10^{-5}$ %	Слепой опыт
3271.61	Совпадает с 3271.63 титана							
3281.69	Сильн.	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3283.56	„	„	„	„	„	„	—	—
3396.82	Оч. сильн.	„	Сильн.	„	„	„	—	—
3434.90	„	Оч. сильн.	„	„	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—
3462.04	Сильн.	Сильн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3470.66	„	„	„	Средн.	Слаб.	—	—	—
3474.78	„	„	„	„	Сильн.	—	—	—
3478.91	„	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3498.73	Совпадает с 3498.95 рутения							
3502.53	Сильн.	Сильн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	—	—	—
3528.03	„	Средн.	Слаб.	„	Оч. слаб.	—	—	—
3596.19	Совпадает с 3596.17 рутения							
3597.17	Сильн.	Сильн.	Средн.	Слаб.	„	—	—	—

Линии 3434.90, 3474.78, 3597.17 } Приемлемы для сравнения интенсивности

Платина

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-5}$ %	$2 \cdot 10^{-5}$ %	Слепой опыт
2650.86	Сильн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
2659.44	Оч. сильн.	Сильн.	Сильн.	Средн.	Средн.	Оч. слаб.	Оч. слаб.	—
2677.13	Сильн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	—	—	—	—
2702.40	Оч. сильн.	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб	—	—
2705.89	„	„	„	„	„	—	—	—
2733.94	Сильн.	„	„	„	„	Оч. слаб.	—	—
2929.79	„	„	„	„	„	„	—	—
2997.96	Оч. сильн.	„	„	„	„	„	—	—
3042.62	Сильн.	Средн.	„	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3064.71	Оч. Сильн.	Сильн.	Сильн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3200.72	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—
3204.05	Сильн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3301.85	Совпадает с 3302.14 палладия							

Пригодны для измерений линии 2650.86, 2659.44, 2929.79

Палладий

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-5}$ %	$2 \cdot 10^{-5}$ %	Слепой опыт
3027.91	Оч. сильн.	Сильн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3065.31	„	„	„	Средн.	„	„	—	—
3114.05	Сильн.	„	„	Слаб.	„	„	—	—
3242.71	Оч. сильн.	„	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—
3251.64	„	„	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3258.78	„	„	„	„	„	„	—	—
3287.25	Сильн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—
3302.14	Совпадает с 3302.34 натрия							
3373.00	„ „ 3372.80 титана							
3404.59	Оч. Сильн.	Сильн.	Сильн.	Средн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—
3421.23	„	„	„	„	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3433.44	Сильн.	„	Средн.	Слаб.	„	„	—	—
3441.41	„	„	„	„	Оч. слаб.	—	—	—
3460.75	Оч. сильн.	„	„	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—
3481.16	„	„	„	„	„	„	—	—
3489.78	Сильн.	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—
3516.95	„	„	Средн.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3553.09	„	„	„	„	—	—	—	—

Приемлемы для сравнения 3242.71; 3404.59; 3433.44; 3441.41

Иридий

λ	10^{-1} %	10^{-2} %	10^{-3} %	$5 \cdot 10^{-4}$ %	10^{-4} %	$5 \cdot 10^{-5}$ %	$2 \cdot 10^{-5}$ %	Слепой опыт
2849.74	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—
2924.81	Средн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3100.4	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—
3220.79	Средн.	Средн.	Слаб.	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—
3513.7	Слаб.	Оч. слаб.	—	—	—	—	—	—

Линия 3220.79 — пригодна для определения иридия

Сначала были проделаны опыты с пробами очень бедных благородными металлами минералов и пород, для того чтобы установить чувствительность метода и сравнить его с микродокимастическим методом. Две пробы испытуемого минерала по 0.5 г сплавлялись с уксуснокислым свинцом и т. д., как выше описано, свинцовые корольки соединялись вместе и, затем, разделялись механически на две равные по весу части.

Одна часть подвергалась сокращению до веса приблизительно 30 мг и, далее, спектрографическому анализу, в другой части по микродокимастическому методу определялась сумма платиновых металлов[1] и золота.

Следующая таблица дает результаты опытов в граммах на тонну.

Материал	Спектральный анализ						Микродокимастический метод
	Ru	Rh	Pd	Ag	Pt	Au	Сумма платин. мет. + золото
Норит, Меренский риф. Свартфонтеин, Трансвааль[2]	—	—	0.2	0.5	0.2	—	0.2
Хромит, Фераген близ Ерос, Норвегия . .	0.5	0.2	—	1	—	0.2	0.3
Марганцевая стеклянная голова Халленгер, Эксп. 286	—	0.2	0.2	1	0.5	0.2	0.8

Для нас важно было установить, препятствует ли присутствие высших окислов металлов, как, например, марганца, переходу благородных металлов в металлический свинец.

Был проделан следующий опыт. Одна проба вещества от Гранбургского метеорита дала по микродокимастическому методу сумму платиновых металлов + золото в 36 г/т.

Другая проба этого же вещества была смешана с девятью частями асболана из Нов. Каледонии, который не содержал металлов платиновой группы и золота. Микродокимастический анализ смеси показал от 3 до 3.5 г на тонну, вместо 3.6 г.

Затем были сделаны смеси равных количеств MnO_2 и Fe_2O_3 с присадкой восьми благородных металлов в количествах порядка 10^{-4} %, сплавлены, обогащены и подвергнуты спектроскопическому анализу. Интенсивность линии сравнивалась со стандартной смесью, содержавшей 10^{-3} % каждого металла.

В большом количестве анализов сульфидных и мышьяковых руд плавки велись частью с обожженным, частью с необожженным материалом (разумеется вычисления металлов велись на исходное количество материала), для того чтобы установить, влияет ли степень обжига на результаты анализов. Такого влияния не было замечено, однако было установлено, что вести анализ обожженной руды легче. Обжиг производился в электрической муфельной печи 2 часа при 700—800°.

[1] При этом надо принять во внимание, что при микродокимастическом определении некоторое количество рутения терялось.

[2] Благородные металлы распределены в породе не совсем равномерно, другие пробы этой же породы дали более высокие цифры.

Наконец надо было установить, влияет ли на результаты присутствие в получаемых корольках малых количеств металлоидов при спектральных определениях и не получается ли здесь потерь. Мы исследовали влияние прибавления S, Se, Te, As, Sb, Bi, причем эти вещества вводились перед купелляцией королька весом 0.5 г. Содержание свинца по отношению к золоту, серебру и платиновым металлам соответствовало содержанию их в 6 г на тонну исходного материала. После купелляции королек анализировался спектроскопически. Изменения интенсивности линий благородных металлов не наблюдалось.

Нас прежде всего интересовало ближе изучить вопрос о содержании благородных металлов в железных метеоритах. Еще в 1922 г.,[1] касаясь редкости платиновых металлов в породах литосферы, отмечалась сидерофильность платины и ее малое содержание в первичной фазовой смеси силикатов. Тогда приводились некоторые данные об определении благородных металлов в метеоритах. С тех пор познания о распространенности благородных металлов значительно возросли. В 1927—1929 гг. в Минералогическом институте университета в Осло произведены многочисленные определения суммы этих металлов по микродокимастическому методу. Эти данные (цит. соч.) показывают, что содержание платиновых металлов в железных метеоритах составляет 2—117 г на тонну; напротив в чистых каменных метеоритах платиновые металлы отсутствуют: сумма благородных металлов в двух исследованных эвкритах (Ювинас и Станнерн) не достигала и 0.05 г на тонну. Так же и силикатная часть палласитов содержит ничтожные следы платиновых металлов, которые могут происходить из остатков не совсем отделенной металлической части Исследования И. и В. Ноддак[2] установили, что порядок содержания платины, добытой из больших масс метеоритов, больше, чем при исследовании содержания платиновых металлов в маленьких навесках метеоритов, а также содержания платиновых металлов четного порядкового номера преобладает. Эти исследования подтвердили также, что содержание платиновых металлов в силикатных метеоритах ничтожно[3] по сравнению с железными.

Мы считали важным установить посредством нашего метода наличие и количество металлов платиновой группы в большом числе железных метеоритов и сравнить с содержанием этих металлов в других видах метеоритов. Результаты наших исследований даны в нижеследующей

[1] Ztschr. Elektrochemie, **28**, 411, 1922; так же Videnskapsselsk. Skr. 1922, Mat. Nat. Kl., № 11.

[2] I. u W. Noddack. Naturwissenschaften. **18**, 757, 1930. Ztschr. f. phys. Chem. Bodenstein-Festschrift, **890**, 1931.

[3] H. Schneiderhöhn und H. Maritz (Siebert-Festschrift, 1931, 257) так же показали, что силикаты из южно-африканских месторождений не содержат, или практически не содержат, платиновых металлов.

таблице. Мы должны сделать замечание, что цифры содержания осмия являются слишком низкими и представляют собой лишь нижний предел его содержания, так как при обжиге обработанного серой метеоритного железа происходит некоторая потеря осмия.

Из таблицы видно, что все виды метеоритов содержат платиновые металлы. Далее видно, что платиновые металлы с четными порядковыми числами (как это отмечали И. и В. Ноддак), в общем содержатся в больших количествах, чем металлы с нечетными номерами. Анализы показывают, что платина доминирует над всеми металлами платиновой группы. Эти данные проверены рентгено-спектрографическим анализом металлов, выделенных и изолированных микродокимастическими приемами.

Далее следует отметить, что не только платиновые металлы, но также и золото присутствует в метеоритах в определяемых количествах, которые часто того же порядка, как и для нечетных платиновых металлов. Из этих данных выходит, что золото надо назвать не только халькофильным, но и в большой степени сидерофильным элементом. Это имеет общий интерес, так как касается вопроса о свойствах элементов, определяющих их сидерофильный характер. Для того, чтобы элемент мог стать сидерофильным, необходимо, чтобы он был растворим в расплавленном железе и, чтобы он был электрохимически благороднее железа (более положительный потенциал. *Перев.*). Для серебра первое из этих условий не соблюдается; серебро халькофильно находится преимущественно в триолите метеоритов.

Если вычислить среднее для 17 железных метеоритов, получаются числа, стоящие в первой колонке нижеследующей таблички; для сравнения приводим средние данные Ноддак 1930 г. (цит. соч.) и, далее, средние этих же авторов 1931 г.

	Среднее содержание в г на т	И. и В. Ноддак 1930	И. и В. Ноддак 1931
Рутений	10	23.9	20—30
Родий	5	5.0	4
Палладий	10	19	15—20
Серебро	5	3.2	6—8
Осмий	миним. 3	8.8	25—30
Иридий	5	2.3	5
Платина	20	17.7	10—22
Золото	5	1.4	0—1

Оставшаяся не ошлакованной металлическая часть метеорита имеет во много тысяч раз более богатое содержание платиновых металлов на тонну. Чтобы установить, что железо каменных метеоритов также содержит металлы платиновой группы, как и железные метеориты, нами тем же способом был исследован метеорит из Н. Исландии, Филлипса К°, Канзас США. Этот каменный метеорит содержит около 3% никелистого железа и 5% триолита. Валовой анализ метеорита, проведенный на 0.5 г

Железные метеориты

	Структура	Благородные металлы в граммах на тонну							
		Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Коагуила, Больсон де Маними, Мексика . .	Гексаэдрит	10	5	10	5	?	10	10-100	5—1
С. Юлио де Морейра, Португалия	Октаэдрит, gg	10	10	10	5	5	1	10-100	10
Монт Джой, Пенсильв., США	„ „	5—10	5	10	5	5	1	10-100	5—10
Ариспе, Мексика . . .	„ „	10	5	10	5	?	10	10-100	5—1
„ „ . . .	„ „	10	5	10	1—5	5	10	10-100	5
Коризатилло, Чили . .	„ „	5	5	10	5—10	5	5	10	5—10
Магура (Арва), Чехословакия	„ g	10	5	5—10	5	5	5	10-100	5
Каньон Диаболо, Аризонна, США	„ „	10	5	5—10	5	5	5	10-100	5
Росткруст, Каньон Диаболо	„ „	10	5	5	1	5	5	10	5
Кранбурн, Виктория, Австралия	„ „	10	5	10	1	—	5	10	5
Рост. Кранбурн	„ „	10	5	10	10	—	—	10	5
Савик, Кап-Иорк, Гренландия	„ m	10	5	5	10	5	10	10-100	5
Толюка, Мексика . . .	„ „	5	0.5	10	1	—	1	1	10
„ „ [1] . .	„ „	10	5	10	1	—	1	10	10
Н. Гуренма, Судан . . .	„ b	5	1—5	5	1	—	1	5-10	1
Моррадаль, Норвегия .	Атаксит богат Ni	5	5	10	5	—	1	10	5
То же, другие части того же куска	„	5	5	10	1—5	5	1	10-100	5—10
Капланд	„	10	5—10	10	5—10	5	10-100	100-10	1
Росткруст, Хоба, Юго-Зап. Африка	„	10	5—10	10	1	5	10	100-10	0,5
То же [1]	„	10	5—10	10	1	5	10	100-10	0.5
Медведева, Красноярск, Сибирь	Железо из палласита	5	5	10	1—5	—	—	5	5
То же, другой кусок . .	„	5	1—5	10	5—1	5	1	5	5
Бренгам, Канзас, США .	„	5—10	5	10	1	5	5-1	10-100	10—5
Эстервилль, Jowa, США.	Железо из сидеролита	10	5	10	1	5	1	10	1—5

[1] Необожженные.

вещества, показал содержание в граммах на тонну: Ru 1, Rh 0.5, Pd 1, Ag 1, Os нет, Ir < 1, Pt 1—5, Au 0.5—1. Никелистое железо этого метеорита очень богато никелем (около 20% Ni) и показывает гораздо более высокое содержание благородных металлов.

Далее мы исследовали никелистое железо из двух силикатных метеоритов, которое было извлечено посредством магнита из массы силиката и триолита. Были изучены серый хондрит из Княгини, Чехословакия, и кристаллический шарообразный хондрит из Ацтек Хольбрук, Навайо К°, Аризона, США. Содержание благородных металлов в этом железе оказалось то же, что и в никелистом железе железных метеоритов. Далее мы покажем распределение благородных металлов между силикатной, железной и сульфидной частями каменных метеоритов.

	Благородных металлов в граммах на тонну							
	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Железо из хондрита, Княгиня . . .	10	5	10	5	< 5	5	10—100	10
„ „ „ Хольбрук . . .	10	10	10—100	1	< 5	5	100—10	10

Является важным установить связь между содержанием в метеоритном железе никеля с содержанием благородных металлов. В. Валем[1] и Г. Т. Приор[2] было высказано, что при окислении железных метеоритов металлическая часть их обогащается никелем. Нужно заметить, что более богатые никелем железные метеориты содержат повышенное количество благородных металлов. Это следует из наших данных, где в двух случаях богатые никелем атакситы заметно богаче платиной и родием, чем остальные железные метеориты. Однако эта прямая зависимость между содержанием никеля и благородных металлов проявляется не во всех случаях. Так метеорит из Н. Гуреймы, как и раньше отмечалось, содержит меньше металлов платиновой группы, чем другие — с таким же содержанием никеля. Так же метеориты из Моррадаля и Медведевой заметно беднее иридием и платиной. К этому мы можем добавить, что кобальт является гораздо менее сидерофильным элементом, чем никель. Содержание кобальта в метеоритах растет с увеличением содержания никеля, но не пропорционально, а с некоторым отставанием. В то время как в гексаэдритах никеля около 5%, а кобальта около 0.6%, в атакситах, где никеля 14—18%, кобальта содержится всего около 1%.

[1] W. Wahl. Beiträge zur Chemie der Meteoriten. Ztschr. f. anogr. Chem., **69**, 1910, 67.

[2] G. T. Prior. On the Genetic Relationship and Classification of Meteorites. Min. Mag., **18**, 1916, 26; Min. Mag., **19**, 1920, 51.

Обогащение металлической части метеоритного железа никелем и платиной при окислении легко доказать посредством простого эксперимента: кусочек метеорита положить на шамот и окислять ацетилен-кислородным пламенем.

Мы исследовали также триолит из различных железных метеоритов. Оказалось, что серебро, как это и раньше отмечалось, является халькофильным. Наоборот, золото в триолите содержится в значительно меньших количествах, чем в метеоритном железе. Из прежних анализов по микродокимастическому методу, произведенных в Осло, этого не следовало, так как определить малых количеств золота в присутствии преобладающих над ним платиновых металлов было невозможно. До сих пор золото трактовалось как исключительно халькофильный элемент. Нужно принять, что все платиновые металлы, согласно наших исследований, гораздо более сидерофильны, чем халькофильны. Шрейберзит также содержит благородные металлы; платиновые металлы и золото содержатся там в значительно меньших количествах, чем в преждеупомянутых метеоритах.

Наши цифры для триолита из железных метеоритов в общем сходятся с данными И. и В. Ноддак 1930 и 1931 гг., за исключением содержания осмия, которое у нас ниже, так как при обжиге по нашему методу были возможны потери.

Триолит и шрейберзит

(для сравнения с цифрами для никелистого железа тех же метеоритов)

	В граммах на тонну							
	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Триолит из Коагуилы	1—5	1	1	5	—	—	1—10	5—1
Железо „ „	10	5	10	5	2	10	10—100	5—1
Триолит „ Коризатиллы . .	—	0.2	0.2	10	—	—	0.2	0.5
Железо „ „ . .	5	5	10	5—10	< 5	5	10	5—10
Триолит „ Каньона Диаболо[1]	0.5	0.2	0.5	10	—	—	0.5	0.5
„ „ „ „ .	0.5	0.2	0.5	10	—	—	0.5	0.5—1
Железо „ „ „ .	10	5	5—10	5	5	5	10—100	5
Шрейберзит Юлио де Морейра	5	5—1	5	10	—	—	1	1
То же[1]	5	5	5	10	—	—	1.5	1
Железо оттуда же	10	10	10	5	5	1	10—100	10

Является интересным установить, какие из благородных металлов переходят в металлическое железо при его соприкосновении с основной

[1] Необожженные.

магмой. В одной из работ[1] одного из нас было указано, что в железе из базальта из Овифак платиновые металлы накапливались в заметных количествах. Определения платины, произведенные госпожей M. Johnson-Höst, дали следующие числа:

	Платиновых металлов:
Железо из базальта, Овифак, Диско	4.0 г на тонну
Базальт, Азук, Диско	0.02 „ „ „ 0.20 „ „ „ 0.24 „ „ „

Очень важно выяснить, какие из платиновых металлов входят в состав железа из базальтов.

	В граммах на тонну							
	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Железо из базальта, Бюль близ Касселя	—	—	—	10—5	—	—	0.2	0.5
Магнитный колчедан оттуда же .	—	—	—	5	—	—	—	0.5
Цинковая обманка оттуда же . .	—	—	—	5	—	—	—	0.5
Железо из базальта, Овифак, Диско, Гренландия	0.5	0.5	1	5—10	—	—	5	5—1

Замечательно то, что здесь, так же как и в случае метеоритного железа, золото встречается в заметном количестве. Нами произведено исследование шести хромитовых образований на содержание в них благородных металлов, так как можно было ожидать, что хромистые железняки, как одни из первых окисных выделений из богатой магнезией магмы, могут захватывать некоторое количество платины. Г. Люнде и М. Иенсен (цит. соч., 1928 г.), показали, что платиновые металлы в оливиновых породах и змеевиках концентрируются главным образом в хромите. С особенной вероятностью можно было рассчитывать, что рутений и родий, которые в собственно платиновых рудах и в сульфидных магматических рудах относительно слабо распространены, будут выделяться с хромитом. Эта вероятность была высказана в 1932 г. И. и В. Ноддак. Нами обнаружено в трех или шести исследованных хромитах заметное содержание металлов платиновой группы.

Также и И. и В. Ноддак находили небольшие количества платиновых металлов в хромитах (цит. соч., 1931 г.).

[1] Naturwissenschaften, 18, 1930, 1005.

Хромиты

	В граммах на тонну							
	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Область Фераген, Норвегия . .	0.5	0.2	—	1	—	—	—	0.2
Ланкастер К⁰, Техас, США . .	0.5	0.2	—	1	—	—	—	0.2
Минерал Хиллс, Делаварс К⁰, Пенс. США	0.5	0.5	—	1	—	5	1	0.2

В настоящее время известно, что происхождение платины не ограничивается только месторождениями, генетически-связанными с основными магнезиальными породами. Также возможно открытие платины, связанной с концентрацией ее в остаточных растворах (и расплавах. *Перев.*) кислых магм. Так И. и В. Ноддак нашли платину в некоторых минералах гранитных пегматитов (гадолинит, колумбит); наблюдения подтверждены Люнде и Иенсен.

Исследованиями И. и В. Ноддак было обнаружено, что малые количества платины (0.1 г на тонну) могут встречаться в породах оловянно-

Минералы оловянно-каменных месторождений

	В граммах на тонну			
	Pd	Ag	Pt	Au
Оловянный камень, Фортуна, Брейтенбрунн близ Цвиккау, Саксония	0.2	10	—	0.5
То же	0.2	10	—	0.5
То же	—	10	—	0.5
Халькопирит из того же штуфа	—	1000—100	—	0.2
Оловянный камень, Эренфридерсдорф, Саксония . .	—	1	—	—
Арсенопирит из того же штуфа	—	10	—	0.5
Халькопирит и арсенопирит из оловянно-каменной формации, Фрейвальд близ Эренфридерсдорф, Саксония	—	1000	—	0.5
Оловянный камень, Иохимсталь, Чехословакия . . .	—	1	—	—
То же, Шенфельд близ Шлагенвальд, Чехословакия	—	5	—	0.5
Оловянный камень из россыпи с о-ва Банка	—	10	—	0.5
То же, Потоси в Боливии	—	10—100	—	0.5
То же, Циннвальд, Чехословакия	—	1000—100	—	0.2
То же, Уиларк, Св. Агнес, Корнуел	—	100	0.5	0.5

каменных месторождений (касситерит, станнин). Нами также было исследовано некоторое количество минералов оловянно-каменных месторождений. Результаты приводятся в табл. на стр. 185. Из навески величиной лишь 0.5 г мы смогли определить только платину и палладий.

Профессор Е. Рейнинг любезно предоставил нам пробы минералов южно-африканских оловянных месторождений. В четырех из исследованных проб мы смогли открыть платину.

	грамм на тонну		
	Ag	Pt	Au
Триплит, Сандамаб, Юго-зап. Африка	5	0.2	0.5
Оловянный камень, Арандис, Юго-зап. Африка	10	0.2	0.5
Арандизит, Арандис	5	0.2	0.5
Оловянный камень из Турмалиновой копи, Нубеб Юго-зап. Африка	1	0.2	0.5

Мы получили для анализа от проф. Дешера (Кляусталь) некоторое количество штуфов оловянной руды из серебро-оловянных месторождений Боливии. Нами произведено семь анализов руд этих месторождений. В этих рудах при применении навесок в 0.5 г не обнаружено даже следов платиновых металлов, найдено, как и следовало ожидать, значительное содержание серебра и около 0.2—1 г на тонну золота.

Из наших исследований следует, что платиновые металлы находятся только в таких месторождениях оловянных руд, которые связаны с пневматолитической минерализацией; в месторождениях серебра и олова боливийского типа они отсутствуют.

Было очень интересно исследовать на содержание металлов платиновой группы молибденовый блеск, в котором имеется значительное содержание рения. Для исследования служил обожженный до улетучивания молибдена (в виде трехокиси) молибденовый блеск, подготовленный к спектральному анализу, как было указано. Результаты подсчитаны в граммах на тонну исходного вещества. В табл. на стр. 186 приведены результаты анализа. Нужно заметить, что данные для осмия и рутения отсутствуют, так как эти металлы улетучились вместе с трехокисью молибдена.

Как видно из таблицы, многие месторождения молибденового блеска содержат заметные количества платиновых металлов, особенно такие, которые связаны с пневматолитическими оловянными месторождениями или аналогичными им. Обсуждение результатов анализа показывает, что почти во всех пробах молибденового блеска могли быть обнаружены платиновые металлы. Это объясняется тем, что улетучивание трехокиси молиб-

Молибденовый блеск

	В граммах на тонну							
	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Садисдорф близ Шмидеберг, Саксония . .	—	0.2	0.5	100—10	—	—	1	5
Альтенберг, Саксония .	—	0.05-0.1	0.05-0.1	2	—	0.5—0.1	0.2	0.2
Циннвальд, Чехословакия	—	—	0.05	0.2	—	—	0.05	0.1
Дален, Телемарк, Норвегия	—	0.02	0.02	1	—	—	0.02	0.05
То же			0.02	1	—	—	0.1	0.05
Ролланг, Норвегия . .	—	—	0.02	10	—	—	0.05	0.05
Зорумзаасен, близ Драмма, Норвегия	—	0.02	0.02	10—100	—	—	0.05	0.5
Бандаксли, Телемарк, Норвегия	—	—	—	0.5	—	—	—	—
Кнабен-Грубе, Норвегия	—	—	—	5	—	—	—	—
Еннеркилен, Овителанд, Эвос, Норвегия . . .	—	—	—	0.5	—	—	—	—
Рёде, Остфальд, Норвегия	—	—	—	10	—	—	—	0.05
Ундален, Норвегия (содержит медный колчедан) [1]	—	—	—	100	—	—	—	0.05
Зорфольден, Норвегия .	—	—	—	0.1	—	—	—	—
Климакс, Аризона, США	—	—	—	100	—	—	0.05	0.05
Кингсгате близ Гленн-Иннес, Нов. Зап. Валлис	—	—	0.05	100	—	—	0.02	1—10

дена обогащает пробу и, таким образом, метод анализа в приложении к этому минералу уточняется. В двух первых случаях, указанных в таблице, несмотря на применение навески в 0.5 г, платиновые металлы были легко открываемы. При этом надо отметить, что в кристаллохимическом отношении сульфиды элементов рения, платины и палладия образуют смешанные кристаллические структуры и могут входить в кристаллическую решетку молибденового блеска.

Мы можем отметить, что платиновые металлы, а также золото, преимущественно сидерофильны. При распределении между фазами: металлической, железной и сульфидной, платиновые металлы и золото в боль-

[1] Высокое содержание серебра—за счет медного колчедана.

шей массе переходят в металлическую фазу и в меньшей части в штейн. В присутствии сульфидов и силикатов, но в отсутствии железной фазы платиновые металлы и золото стремятся перейти в сульфиды, а не в силикатную фазу. Это было отмечено уже Шнейдергёном и Морицем (цит. соч.) Можно подытожить сказанное следующим образом. Металлы платиновой группы и золото гораздо более халькофильны, чем литофильны, эти же металлы, однако, гораздо более сидерофильны, чем халькофильны. Серебро же напротив более халькофильно, чем сидерофильно.

Преимущественно сидерофильный характер платиновых металлов и золота выясняется также из их отношений между мышьяково-сурьмяной и сульфидной фазами. Арсениды и антимониды представляют собой более металлоподобные вещества, чем сульфиды этих же металлов, Скаппель[1] несколько лет тому назад отметил, что так наз. „шпейзы" в металлургии стоят в металлургическо-химическом отношении близко к металлическому железу. Мы должны поэтому ожидать, что при фазовом равновесии между сульфидами и арсенидами (антимонидами) платиновые металлы и золото уйдут преимущественно в последние. Это подтверждается

Кобальтовые руды

	В граммах на тонну			
	Pd	Ag	Pt	Au
Мышьяковистый кобальт, Нидеррамштадт, близ Дармштадта	—	1000	—	0.3
То же Рихельсдорф, Гессен	—	10	—	0.3
„ „ „ „	—	10	—	5
„ „ Бибер, Гессен	—	5—1	—	0.1
„ „ Фрауэнбрейтунген, Саксонск. Мейнинген	—	100—10	—	0.3
„ „ Шнееберг, Саксония	—	100—1000	—	0.5
„ „ Хассенроде, Гарц	—	10	—	5
„ „ Шлядминг, Штирмарк	—	5	—	0.3—0.5
Саффлорит, Шнееберг, Саксония	—	100—10	—	0.3
„ Дахеберг, близ Рихельсдорф, Гессен	—	0.5	0.1	5
Кобальтовый блеск с висмутом Дрейкенигштолен, Бухгольц, Саксония	—	10	0.1	0.3
Кобальтовый блеск, Глюкебрунн, Альтенштейн, Саксонский Мейнинген	0.1	5	0.1	3
Кобальтовый блеск, Тюнаберг, Швеция	0.5	10	0.5	0.5
„ „ Скуттеруд, Норвегия	—	1	—	0.5
„ „ Кобальт, Онтарио, Канада	—	5	0.1	5

[1] H. Skappel. Metall und Erz. 25, 1928, 367, 400.

Никелевые руды

	В граммах на тонну			
	Pd	Ag	Pt	Au
Красный никелевый колчедан, Ейслебен	—	10—100	—	1
То же, Клеттенберг, Зауэрланд	—	10	0.2	10
„ „ Шладминг, Штирия	—	100	—	0.5
Раммельсбергт, Гезелльшафт Цуг, Шнееберг, Саксония	—	5	—	0.3
Мышьяково-никелевый колчедан, Микаэлис фундгрубе, Триебель близ Цвиккау, Саксония .	—	100—10	0.1	100—10
То же, Мюзен близ Зиген	—	109—10	0.1	100—10
„ „ Фриденсгрубе, Лихтенберг, Оберфранкен .	—	100—10	0.1	100—10
„ „ Лобенштейн, Фогтланд, Тюбинген	—	1	—	5
Ульманит, Мюзен близ Зиген	—	20	0.5	20
„ Ландескроне, Виленсдорф близ Зиген	—	10—100	0.2	0.5
Кобальтово-никелевый блеск, Мюзен близ Зиген	—	1000	0.5	1
Пентландит[1] (Хорбахит), С. Блязен, Шварцвальд	0.2	100—10	0.2	0.5

и минералогическими наблюдениями: платина в сульфидных изверженных рудах встречается в виде сперилита, $PtAs_2$, т. е. соединения с мышьяком, а палладий в виде стибио-палладинита.

В природе группа пирит-марказитовых сульфидов стоит по своему геохимическому характеру очень близко к металлическому железу; можно представить себе пирит, как γ-железо, в решетке которого некоторые атомы железа замещены S_2. Можно ожидать, что платиновые металлы и золото могут входить в состав сульфидов и арсенидов этой группы. Здесь может найти себе объяснение нахождение золота вместе с серным колчеданом и мышьяковым блеском.

Не лишено интереса изучить нахождение благородных металлов в гидротермальных мышьяковистых и сурьмянистых образованиях никеля и кобальта. Можно было ожидать, что с сульфидами этих металлов сидерофильные благородные металлы будут ассоциироваться, особенно золото и платиновые металлы[2] с никелево-мышьяковыми минералами и, наоборот, серебро должно отсутствовать.

[1] Кроме того, рутения 0.2, родия 0.2 г на тонну. Это месторождение относится к известному магнетит-пентландитовому типу, а не к гидротермальным месторождениям.

[2] И. и В. Ноддак во многих мышьяковых соединениях никеля и кобальта нашли заметные количества платиновых металлов. Ztschr. f. phys. Chem., **154**, 1931, 207.

В то время как в сульфидах гидротермального характера, как халькопирит, борнит и тетраэдрит, серебро преобладает над золотом и платиновыми металлами (отношение серебра к золоту здесь порядка от 500:1 до 2000:1), в гидротермальных арсенидах, особенно никеля, преобладает во многих случаях золото,[1] а также находятся заметные количества платиновых металлов. Следующими примерами это иллюстрируется. Для анализа брались обожженные сульфиды и арсениды; навески обожженного материала — 0.5 г; результаты вычислены в граммах на тонну необожженного материала (табл. на стр. 188 и 189).

Более детальное рассмотрение этих данных будет дано в другой статье, здесь нужно лишь отметить, что сидерофильные благородные металлы ассоциируются с арсенидами кобальта и, особенно, никеля.[2]

Перевел *О. Е. Звягинцев.*

1 О нахождении золота в железистой полевошпатовой породе из Зюдерланда см. также Fr. Buschendorf u. J. M. Hüttenbach, N. Jarb. Min. Beil., Bd. 62, Abt. A, S. 51, 1931; J. M. Hüttenbach, Min. u. petrogr. Mitt., 42, 285, 1932.

2 Последний абзац с выражением благодарности различным учреждениям и лицам опущен.

СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА 9

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ

О. Е. Звягинцев. Памяти Н. И. Подкопаева. А. Т. Григорьев. О сплавах палладия с никкелем (с 4 фиг. и 2 табл.). В. А. Немилов. О сплавах платины с кобальтом (с 3 фиг. и 2 табл.). О. Е. Звягинцев. Об осмистом иридии. Статья I (с 5 фиг. и 1 табл.). О. Е. Звягинцев и Б. К. Бруновский. Об осмистом иридии. Статья II (1 табл.). А. А. Гринберг и Б. В. Птицын. О геометрической изомерии циклически построенных соединений двухвалентной платины. А. А. Гринберг и Б. В. Птицын. О термическом разложении аммиакатов двухвалентной платины. Труды Аналитической комиссии. I. Метод быстрого анализа шлиховой платины II. Метод анализа шлиховой платины с определением одних благородных металлов. III. Метод анализа шлиховой платины с определением меди и железа. IV. Метод полного анализа шлиховой платины. V. Метод анализа „первого нерастворимого остатка", получающегося после растворения шлиховой платины в царской водке (1 фиг.). VI. В. Г. Карпов и А. Н. Федорова. Новый метод разделения иридия и платины. VII. Б. Г. Карпов. Анализы металлического родия. VIII. Опробование на платину, палладий, придий и родий слитков с высоким содержанием платины. Труды Металлографической комиссии I. Исследование металлов, изготовленных в СССР. II. Исследование сплавов платины с иридием производства заграничных фирм (1 фиг.). III. Исследование сплавов платины с медью, палладием и другими металлами иностранных фирм. Н. К. Пшеницын и С. Е. Красиков. К методу получения четыреххлористого иридия. Н. К. Пшеницын и С. Е. Красиков. К вопросу о получении чистого гидрата двуокиси иридия.

ОТДЕЛ ВТОРОЙ

Ф. Краус и Герлах. К познанию окиси иридия. Перевел с немецкого Н. К. Пшеницын. П. О. Леннон. Осмистый иридий и его добыча в Тасмании. Перевел с английского С. К. Шабарин (печ. в извлечениях) (с 2 фиг.). Р. Джильхрист. Весовой метод определения рутения. Перевела с английского А. Н. Федорова под ред. Б. Г. Карпова. Извлечения из протоколов заседаний Института по изучению платины и других благородных металлов за 1930—1931 г. Сост. Н. К. Пшеницин. Н. С. Курнаков и И. А. Андреевский. О гидратах хлористых солей палладия и платотетрамина. А. А. Гринберг и Г. П. Фаерман. Аммиакаты и амиды четырехвалентной платины, как кислоты и основания. Н. С. Курнаков. О научных работах С. Ф. Жемчужного. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. О работах С. Ф. Жемчужного, связанных с проблемами минералогии и петрографии. Г. Г. Уразов. Биографические сведения и личные воспоминания о С. Ф. Жемчужном. А. Г. Бергман. О работах С. Ф. Жемчужного в области соляных равновесий. С. А. Погодин. Работы С. Ф. Жемчужного по металлографическим сплавам. И. И. Черняев и А. Н. Федорова. О пентаминах платины. И. И. Черняев и Е. Ю. Геннинг. Определение комплексно-связанных нитро-групп в соединениях платины. О. Е. Звягинцев, В. В. Лебединский, Н. К. Пшеницын и И. И. Черняев. О Платиновой экспедиции Академии Наук СССР 1930 г. Г. Закс,

М. Гансен и Н. В. Агеев. Распад и изменение свойств пересыщенных серебряно-медных твердых растворов. О. Е. Звягинцев. Колориметрический метод определения рутения. А. А. Гринберг и Б. В. Птицын. О термической устойчивости аммиачных соединений двухвалентной платины. В. В. Лебединский и В. С. Волков. О соединениях родия с тиомочевиной. Н. С. Курнаков. Памяти Н. И. Подкопаева. О. Е. Звягинцев. Биографические сведения о Н. И. Подкопаеве. Н. С. Курнаков и Н. В. Агеев. Физико-химическое исследование твердых растворов в сплавах золота с медью. 172.

СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА 11

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ

В. В. Лебединский. Новый ряд аммиачных соединений родия (с 2 фиг.). Н. К. Пшеницы и С. Е. Красиков. О комплексных хлоронитритах иридия (с 1 фиг.). И. И. Черняев и Н. В. Вальденберг. О нитросоединениях платины. Статья XI. Этиламиновые соединения (с 4 фиг.). И. И. Черняев и Т. Б. Пейзнер. О нитросоединениях платины. Статья XII. Диэтиламиновые соединения (с 1 фиг.). И. И. Черняев и А. С. Самсонова. Об асимметрической хлористой соли типа Клеве. И. И. Черняев и Л. Ю. Геннинг. О нитросоединениях платины. Статья XIII. Реакция нитрования (с 1 фиг.) И. И. Черняев. О действии аммиака на соль Гро. И. И. Черняев. О нитросоединениях платины. Статья XIV. Определение азота. И. И. Черняев и А. М. Рубинштейн. Внедрение пиридина во внутреннюю сферу четырехвалентной платины (с 5 фиг.). С. И. Хорунженков. Электропроводность этилендиаминтетрахлороплатинадипиридината. А. А. Гринберг и Б. В. Птицын. О титровании соединений двухвалентной платины перманганатом калия. А. А. Гринберг. Исследование над комплексными соединениями двухвалентного палладия А. А. Гринберг и В. М. Шульман. Об эффекте растворимости веществ в смешанных растворителях, порознь не растворяющих данное вещество (с 3 фиг.). В. А. Немилов. О сплавах платины с хромом (с 3 фиг. и 3 табл. микрофот.). Б. Г. Карпов и А. Н. Федорова. К вопросу об аналитическом разделении иридия и родия. И. Н. Плаксин и С. М. Штамова. Методика амальгамационной пробы на платину.

ОТДЕЛ ВТОРОЙ

С. М. Иергенсен. О строении платиновых оснований (с 4 фиг.). Перевод с нем. Е. М. Гринберг под ред. А. А. Гринберга Э. Уичерс, Р. Джилкрист и В. Г. Свенджер. Очистка шести платиновых металлов. Перевод выполнен на Гос. Аффинажном заводе в Свердловске.

БИБЛИОТЕКА
Химической группы
Академии Наук
СССР

Цена 10 руб.

ИЗДАНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ПО ПЛАТИНЕ

С. Ф. Жемчужный. Получение чистой платины и ее свойства. Электро водность сплавов платины с металлами платиновой группы. Ц. 95 (*Распродано*).

Из серии „Материалы для изуч. естеств. произв. сил СССР". № 13. 191

С. Ф. Жемчужный. Исследование структуры самородной платины. Ц. 80

Из серии „Материалы для изуч. естеств. произв. сил СССР". № 88. 19

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Платина. 1922.

Из серии „Богатства России". Ц. 30 коп.

Н. К. Высоцкий. Платина и районы ее добычи.

Из серии „Естественные производительные силы СССР". Том 11.

Часть I. Платина в промышленности и торговле. 1923. Ц. 1 р. 5 (*Распродано*).

Часть II и III. Минералы и руды платины. Геологическая характе стика месторождений платины. 1923. Ц. 3 р. 50 к. (*Распродано*).

Часть IV. Обзор районов добычи платины на Урале. 1925. Ц. 5 р. 8 (*Распродано*).

Часть V. Обзор других районов. 1933. Ц. 6 р. 50 к.

Аналитическая комиссия Платинового института. Методы анализов металл платиновой группы. 1926. Ц. 2 р.

Известия Института по изучению платины и других благородных металл вып. 1, 1920 (*распрод.*); вып. 2, 1921, ц. 95 коп.; вып. 3, 1924 (*распро* вып. 4, 1926 (*распрод.*); вып. 5, 1927 (*распрод.*); вып. 6, 1928, ц. 4 50 к.; вып. 7, 1929, ц. 4 р. 20 к.; вып. 8, 1931, ц. 5 р.; вып. 9, 19 ц. 4 р.; вып. 10, 1933, ц. 2 р.; вып. 11, 1933, ц. 10 р.

ПРИЕМ ЗАКАЗОВ И ПОДПИСКИ

на все издания Академии Наук СССР производится: 1) Сектором распространен Издательства Академии Наук. Ленинград 53, В. О., Менделеевская лин., 1.

2) Московским отделением Издательства АН. Москва, ул. Горького, 20.