

## ПЛАТИНОИДЫ В РУДАХ МАГНЕТИТ-МЕДНО-СКАРНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

**И.В. Викентьев, А.И. Грабежев, В.П. Молошаг,  
С.М. Новокрещенов, И.И. Неустроева**

В литературе отсутствуют сведения о концентрации элементов платиновой группы в рудах магнетит-медно-скарновых месторождений Урала. В данной статье приводятся первые сведения по этому вопросу, полученные для двух наиболее крупных магнетит-медно-скарновых рудных полей – Гумешевского и Турьинского. Согласно классификациям, Гумешевское рудное поле относится к скарново-медно-порфировому типу (Грабежев и др., 2001; Грабежев 2004), в то время как Турьинские рудники являются, по-видимому, типичным представителем собственно магнетит-медно-скарнового типа (Коржинский, 1948 и др.), частично преобразованного в более поздний период эволюции региона. Несмотря на различный генезис, месторождения схожи по геологической позиции. Они парагенетически связаны с габбро-кварцдиоритовым (Турьинские рудники) и кварцдиоритовым (Гумешевское месторождение) гранитоидными комплексами островодужного типа и имеют близкий возраст (эмс-раннеэфельский).

Для анализа были выбраны руды, значительно обогащенные (до 60-100 об.%) сульфидами. На Гумешевском месторождении это тело мощностью около 13 м массивных богатых медью халькопирит-пирротиновых руд (скв. 3887, южный фланг месторождения). Остальные пробы представлены концентратами сульфидов из рудных тел в андрадитовых экзоскарнах и мраморах. Пробы из Турьинских рудников отобраны из рудных тел массивных сульфидов, образовавшихся при замещении пироксеновых и андрадитовых экзоскарнов.

Пробы были проанализированы тремя методами с предварительным химическим концентрированием суммы платиновых металлов из больших навесок, что обеспечивает высокую точность определения и хорошую чувствительность при низких содержаниях этих благородных металлов (табл. 1, 2).

Содержания платины и палладия в сульфидных концентратах из Гумешевского месторождения, полученные разными методами в

РУДООБРАЗОВАНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ,  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Таблица 1

Содержания платиноидов в сульфидных концентратах Гумешевского месторождения по данным аналитической лаборатории ИГЕМ РАН (мг/т)

Скважина, глубина, м	Состав руды	Pt	Pd	Rh	Ir
3881-483.3	Po (с 5% Chp и 10% силиката) из массивной Chp (5-10%)-Po руды	64*	8* 30	0,25*	0,20*
3887-491.5	Po (с 5% силиката) из массивной Po руды	10-15	50	6	<1
3656-422.5	Крупновкрапленниковый Py (с 20% силиката) из сегрегации в эпидозите	328*	7* 50	1* <2	0,5* <1
3834-423.3	Py (с 2-3% Chp и 40% силиката) из густой сульфидной вкрапленности в эпидозите	15	10	8	<1
3887-486.7	Chp (с 5% Po и 5% силиката) из массивной Chp-Po руды	10	60	<2	<1
3834-513.9	Chp (с 10% Py и 10% силиката) из сильно сульфидизированного скарна.	7-10	50	6	<1
3650-129	Chp (с 10% силиката) из густой вкрапленности в кварц-карбонатном метасоматите	5* 10	2* <5	<0,2* <5	<0,02* <1

Примечание. Анализы выполнены кинетическим (хроматографическим) методом на целлюлозе с предварительным химическим концентрированием суммы платиновых металлов из навески 5 г. Звездочкой показаны параллельно проведенные анализы из этого же концентрата методом ICP-MS на масс-спектрометре PQ-2 Turbo. Анализы сделаны С.А. Горбачевой, И.Б. Никитиной и Н.Н. Никольской. Po – пирротин, Py – пирит, Chp – халькопирит. Цифры при сульфидах в скобках – содержания в об.%.  

---

двух лабораториях, весьма близки. Количество платины в сульфидах Гумешевского месторождения обычно составляет 5-15 мг/т. На этом фоне резко выделяются повышенные содержания платины (260, 328 мг/т) в крупнокристаллическом пирите (с небольшим количеством халькопирита) из зон сильной сульфидизации мрамора и эпидозита. Содержания палладия отвечают 2-50 мг/т, количество родия и иридия не превышает 0,2-8 мг/т. В массивных сульфидных рудах Турьинских месторождений фиксируются значимые содержания только палладия (3-18 мг/т), а содержания платины и других платиноидов не превышают чувствительности анализа. В целом в большинстве проб палладий преобладает над платиной, что характерно для медно-порфировых месторождений. Не наблюдается селективной концентрации платиноидов в обогащенных халькопиритом рудах, как это фиксируется на большинстве медно-порфировых месторождений. На ряде зарубежных месторождений отчетливо выражена тенденция прямой корреляции Pt, Pd, Au и Ag. В связи с этим отметим, что палладий может концентрироваться только в определенных генерациях халькопирита. Так, на мес-

торожении Елаците (Болгария) содержание палладия в ранней магнетит-борнит-халькопиритовой ассоциации, сопряженной с кварц-каллишпатовым метасоматозом, в несколько раз больше, чем в халькопирит-пиритовой ассоциации, сопровождающей кислотное аргиллизит-серицитовое выщелачивание.

Обращаясь к литературным данным по прецизионному анализу платиноидов, отметим, что их содержания во флотационных сульфидных концентратах многих медно-порфировых месторождений весьма низки. По сводкам (Stribny et al., 2000; Tarkian et al., 2003), содержания платины в сульфидных концентратах (здесь и далее с реальным или расчетным содержанием меди 20-30 мас. %) большинства месторождений окраинно-континентальной геодинамической позиции варьируют от менее 5 до 15 мг/т. Содержания палладия составляют 8-58 мг/т. Исключение представляет греческое месторождение Скуриес, где количество палладия в халькопиритовом концентрате (21 мас.% Cu) отвечает 2400 мг/т, а также несколько месторождений Северо-Американских Кордильер, связанных с субщелочными интрузиями (Economou-Eliopoulos, Eliopoulos, 2000). Для

Содержания платиноидов в сульфидных рудах Гумешевского (1-4), Промежуточного (5-7) и Вадимо-Александровского (8) месторождений по данным аналитической лаборатории ИГГ УрО РАН (мг/т)

№№ п.п.	Номер пробы	Состав руды	Pt	Pd	Au
1	3871-473.9	Маломощная зона м/з пирита (95) в мраморе	10	27	175
2	3887-481.6	Крупное тело массивного сульфида. Chp (40), Po (40), силикаты (20)	Н/о	20	Сл.
3	3915-440	Маломощная зона крупновкрапленникового пирита (60) в мраморе	260	11	770
4	3656-423	Сегрегация пирита (85) в пироксеновом скарне	10	12	75
5	Тус-11-12	Chp (30), Py (30), Po (40) массивная руда	Сл.	14	720
6	Тус-17	Chp (20), Py (10), Po (70) массивная руда	Сл.	3	100
7	Тус-20	Chp (20), Mgt (10), Po (70) массивная руда	Сл.	18	320
8	Тус-24	Chp (20), Py (70), Po (10) массивная руда	Н/о	Н/о	Сл.

Примечание. Номер пробы отвечает номеру скважины и глубине отбора пробы для Гумешевского месторождения, руды из Турьинских рудников отобраны в шахте С.М. Новокрещеновым. Н/о – содержание элемента ниже чувствительности анализа (10 мг/т для платины и 5 мг/т для палладия). Содержания иридия, родия, осмия и рутения ниже чувствительности анализа (<13 мг/т). Po – пирротин, Py – пирит, Chp – халькопирит, Mgt – магнетит. Цифры в скобках – содержания сульфидов в об.%. Анализы выполнены спектральным методом (спектрометр ДФС-13, фотоэлектронная кассета) после предварительной химической концентрации платиноидов из навески весом 5 г, отквартованной из пробы весом 30 г. Анализы представляют среднее из двух параллелей, показавших близкие содержания. Аналитики И.И. Неустроева, Ю.П. Любимцева.

месторождений регионов островодужной геодинамической позиции обычно характерны гораздо более высокие концентрации платины (8-24 мг/т, достигая 170 и 490 мг/т, соответственно, для месторождений Елаците в Болгарии и Мамут в Малайзии). Количество палладия составляет 40-70 мг/т, повышаясь до 130-1900 мг/т в концентратах месторождений Ок-Теди в Папуа Новой Гвинее, Майданпек в Сербии, Мамут и Елаците. На месторождениях Сибири и Монголии (Сотников и др., 2001) содержание платины в сульфидных концентратах варьирует в интервале <10-110 мг/т (до 299 мг/т на Жирекенском месторождении), а палладия – в интервале 9-83 мг/т (до 684 мг/т на Жирекенском месторождении и 924 мг/т на месторождении Аксуг). Многочисленные анализы за ранние годы по месторождениям СНГ требуют, по видимому, уточнения и поэтому в данной работе не рассматриваются.

Таким образом, полученные нами предварительные данные по концентрации платиноидов в сульфидах магнетит-медно-скарновых месторождений Урала свидетельствуют в целом о не очень высоком их уровне. Однако значи-

тельные содержания платины в нескольких пробах (260, 328 мг/т) указывают на возможность накопления этого элемента в отдельные стадии рудного процесса. Высокие содержания платины и палладия во многих пробах данных месторождений, полученные с использованием инверсионно-вольтамперометрического метода (данные проф. А.Ф. Коробейникова), возможно, подтверждают вероятность локальной концентрации платиноидов в рудах Гумешевского и Турьинского рудных полей. На это же указывает и формирование данных рудно-магматических систем в условиях островодужной обстановки.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проекты 03-05-64206, 04-05-65040).*

*Список литературы*

*Грабежеев А.И.* Скарны Гумешевского скарново-медно-порфирикового месторождения, Средний Урал // Петрология. 2004. № 2. С. 176-190.

РУДООБРАЗОВАНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ,  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Грабежесв А.И., Сотников В.И., Боровиков А.А.,  
Азовскова О.Б.* Генетическая типизация Гумешевско-  
го медно-скарнового месторождения (Средний Урал)  
// Докл. РАН. 2001. Т. 380. № 2. С. 242-244.

*Коржинский Д.С.* Петрология Турьинских  
скарновых месторождений меди. М.: Изд-во АН  
СССР, 1948. 148с.

*Сотников В.И., Берзина В.Н., Эконому-Эли-  
опулос М., Элиоупулос Д.Т.* Платина и палладий в  
рудах медно-молибден-порфириновых месторождений  
Сибири и Монголии // Докл. РАН. 2001. Т. 378. № 5.  
С. 663-667.

*Economou-Eliopoulos M., Eliopoulos D.G.*  
Palladium, platinum and gold concentration in porphyry  
copper systems of Greece and their genetic significance  
// Ore Geology Reviews. 2000. V.16. P. 59-70.

*Stribrny B., Welmer F.-W., Burgath K.-P. et al.*  
Unconventional PGE occurrences and PGE mineralization  
in the Great Dyke: metallogenic and economic aspects  
// Miner. Deposita. 2000. V. 5. P. 260-281.

*Tarkian M., Hunken U., Tokmakchieva M.,  
Bogdanov K.* Precious-metal distribution and fluid-inclusion  
petrography of the Elatsite porphyry copper deposit,  
Bulgaria // Miner. Deposita. 2003. V. 38. P. 261-281.